



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

2015 年 2月

博士學位 論文

放射線安全管理 統合시스템 構築을 위한 Process Mapping 適用

朝鮮大學校 大學院

原子力工學科

李 允 鍾

放射線安全管理 統合시스템 構築을 위한 Process Mapping 適用

Application of Process Mapping to Establish an Integrative
System for Radiation Safety Control

2015年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

原子力工學科

李 允 鍾

放射線安全管理 統合시스템 構築을
위한 Process Mapping 適用

指導教授 鄭 運 官

이 論文을 原子力工學科 博士學位申請 論文으로 提出함

2015年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

原子力工學科

李 允 鍾

李 允 鍾의 博士學位論文을 認准함

委員長	韓國原子力研究院 博士	<u>金 振 奎 (印)</u>
委 員	G&G Radcon 博 士	<u>徐 慶 源 (印)</u>
委 員	朝鮮大學校 教 授	<u>鄭 運 官 (印)</u>
委 員	朝鮮大學校 教 授	<u>李 庚 鎭 (印)</u>
委 員	朝鮮大學校 教 授	<u>宋 鍾 淳 (印)</u>

2015年 2月 25日

朝鮮大學校 大學院

목 차

표 목 차	vii
그 림 목 차	ix
Abstract	xi

제 1 장 연구배경, 필요성 및 방법론 1

제1절 연구배경	1
제2절 연구필요성	1
제3절 연구 범위 및 방법론	2
1. 연구범위	2
2. 연구방법론	2
3. Program Evaluation and Review Technique	3
4. 방사선방호 원칙 적용	6

제 2 장 연구결과

제1절 방사선안전관리 운영조직 및 위해 요인 분석	
1. 현황 및 배경	9
2. 조직 및 직무	10
3. 방사선안전관리 인력	22
4. 위해 요인 분석	27
5. 방사선안전관리 운영조직 및 위해 요인 분석 결과	38

제2절 방호대상 및 방호요건분석

1. 개요	39
2. 방호요건분석	39
3. 원자력안전법 및 관계법 분석	45
4. 방호대상 및 방호요건분석 결과	67

제3절 업무 절차 분석 및 Process Mapping

1. 개요	68
2. 업무분석을 통한 Process Mapping	68
3. 절차서 개발	88
4. 통합관리를 위한 Sequence 도면 설계	101
5. 업무 절차 분석 및 Process Mapping 결과	126

제 3 장 결과 및 논의	127
---------------------	-----

제 4 장 결 론	129
-----------------	-----

참고문헌	131
------------	-----

한글초록	134
------------	-----

LIST OF TABLES

Table 1. Activities, previous activities & required time	5
Table 2. Dose limit	8
Table 3. Annual change in the number of licensed organizations	9
Table 4. Radiation safety organization for educational institution	11
Table 5. The duty of radiation safety officer for educational institution	12
Table 6. Radiation safety organization for industrial institution	13
Table 7. The duty of radiation safety officer for industrial institution	14
Table 8. Radiation safety organization for industrial institution under the law of Safety & Health ·	17
Table 9. The duty of radiation safety officer for industrial institution under the law of Safety & Health ·	18
Table 10. Radiation safety organization rule under other law	20
Table 11. Radiation safety officers & workers	22
Table 12. Criteria for permission of general using of radioactive materials	23
Table 13. Criteria for permission of NDT	23
Table 14. The status of appointed radiation safety officers	24
Table 15. The status of radiation workers	26
Table 16. The status of affairs of accidents	28
Table 17. The accidents from each institution	28
Table 18. The accidents in 2000 from Non-Nuclear Power	29
Table 19. Average effective dose & number of radiation workers in 2010	30
Table 20. Average effective dose from 2006 to 2010	30
Table 21. Risk analysis of the type of accident	37
Table 22. Classification for the flow of business	40
Table 23. Recording and keeping requirement for the producer and general user	50

Table 24. Recording and keeping requirement for seller	51
Table 25. The period & object for calibration	52
Table 27. Establishment of radiation area	56
Table 28. Measure to prevent radiation damage	57
Table 29. Dose limit & procedures in case of the emergency radiation work	59
Table 30. An emergency measure	60
Table 31. Post facto measure	61
Table 32. Prevention measure	62
Table 33. Measure when radioactive material spilled out	64
Table 34. Block diagram	70
Table 35. Applications of standard procedures	94

LIST OF FIGURES

Fig. 1. Structure of circulation for the process modeling.	3
Fig. 2. Chain activities.	4
Fig. 3. The Decision method of critical path.	6
Fig. 4. The status of accident.	27
Fig. 5. The status of radiation workers in 2010.	27
Fig. 6. Average effective dose from 2006 to 2010.	31
Fig. 7. Governing legislation & technical standards for radiation safety control. ·	46
Fig. 8. The schematic diagram of a purchase of radioisotopes, radiation generating device (1/2). 73	73
Fig. 9. The schematic diagram of a purchase of radioisotopes, radiation generating device (2/2). 74	74
Fig. 10. The schematic diagram of a transport of radioactive materials.	75
Fig. 11. The schematic diagram of a leakage checking.	75
Fig. 12. The schematic diagram of a entrustment disposal.	78
Fig. 13. The schematic diagram of a education and training.	79
Fig. 14. The schematic diagram of a medical checkup.	80
Fig. 15. The schematic diagram of a registration of a radiation worker.	82
Fig. 16. The schematic diagram of a radiation works permission.	83
Fig. 17. The schematic diagram of an access procedure of persons with frequent access. ·	84
Fig. 18. The schematic diagram of an access procedure of general public.	86
Fig. 19. The schematic diagram of a measurement of radiation dose and radioactive contaminations. ·	86
Fig. 20. The schematic diagram of a calibration of radiation safety control equipment. ··	87
Fig. 21. The schematic diagram of a measure for abnormal state.	90
Fig. 22. The schematic diagram of a periodic inspection.	91
Fig. 23. The example form of a standard procedure.	96

Fig. 24. The schematic design of an access control module.	101
Fig. 25. The sequence chart of an access control(Entering).	103
Fig. 26. The sequence chart of an access control(Leaving).	104
Fig. 27. The schematic design of a control module for record of radiation worker & work permissions.	105
Fig. 28. The sequence chart of a radiation worker record card	106
Fig. 29. The sequence chart of a radiation works permissions.	107
Fig. 30. The schematic design of a continuous monitoring module.	108
Fig. 31. The sequence chart of a radiation monitoring module.	110
Fig. 32. The sequence chart of a CCMS.	111
Fig. 33. The sequence chart of a CCTV.	112
Fig. 34. The schematic design of a ventilation and drainage monitoring module.	113
Fig. 35. The sequence chart of a ventilation monitoring.	114
Fig. 36. The sequence chart of a drainage monitoring.	115
Fig. 37. The schematic design of a access control module for goods.	116
Fig. 38. The sequence chart of an access control for goods (1).	118
Fig. 39. The sequence chart of an access control for goods (2).	119
Fig. 40. The schematic design of a measurement of radiation dose and radioactive contaminations.	120
Fig. 41. The sequence chart of a measurement for an exposure dose.	121
Fig. 42. The sequence chart of a wipe test.	122
Fig. 43. The schematic design of a surveillance module.	123
Fig. 44. The total schematic design of integrated system for radiation safety control.	125

ABSTRACT

Application of Process Mapping to Establish an Integrative System for Radiation Safety Control

LEE, Yun Jong
Advisor : Prof. Chung, Woon-kwan, Ph.D.
Department of Nuclear Engineering,
Graduate School of Chosun University

As the domestic use of radiations increases in many institutions as well as industries, radiation safety control becomes increasingly complex. The number of persons for the radiation safety control has merely been changed in spite of the increase of facilities and radiation workers. Nevertheless, radiation safety control obeys the system of radiation protection recommended by the ICRP in Publication 103. And the system of radiation protection is based on three major principles which are known as justification, optimization, and dose limitation. The ICRP recommends that these three general principles be applied in the control of new and current practices. The most important principle of radiation protection is to keep all dose as low as reasonably achievable while still allowing the beneficial use of ionizing radiation. And the objective of radiation safety control is to ensure radiation safety by limiting the probability of stochastic effects below the acceptable ALARA levels as well as preventing detrimental deterministic effects attributed to radiation exposure to personnel who handle the radiation and/or radioactive materials in the process of works and operation of nuclear facilities. The purpose of this research is to study the business analysis and process mapping for the radiation safety control from a

diversified and varied radiation sources and facilities. Process-maps which could provide an opportunity to learn about work performance were applied in the document processes and analyzing or improvement of processes. First of all, management organization of radiation safety and safety risk factors were analyzed. Then protection objects and requirements for medical, industrial, research, and other radiation facilities were analyzed. After the analyses were done, the flow of individual radiation working process was ordered. Fourteen process-maps of the radiation safety control were illustrated, based on each individual task analysis. The basic type and characteristics of hardware to facilitate the radiation protection were introduced. And a software between devices was designed in the form of sequence chart. The standardized process maps will be utilized as a basic flow chart of individual working process such as the control of access to radiation control areas. These sequence charts based on the detailed analysis of the work will reduce errors and failures in development of a radiation safety control program in each institute. In addition, a standardized management procedure of radiation safety control will be provided.

제 1 장 연구배경, 필요성 및 방법론

제1절 연구배경

방사선 또는 방사선발생장치 이용이 다양해짐에 따라 인간에게 미치는 방사선 위험도 복잡해졌다. 이러한 복잡한 위험을 줄이기 위해서 단순한 규정, 절차 마련 및 이행을 통해서 저감시키기는 힘들다. 방사선안전관리 방안을 고려할 때 국제방사선방호위원회(ICRP : International Commission on Radiological Protection)에서 권고한 “정당화”, “최적화” 및 “선량한도”의 방사선방호기본원칙을 잘 이해하고 적용해야 한다[1]. 방사선안전관리자는 결정적 영향을 방지하고 확률적영향의 합리적인 달성을 위해 가능한 피폭 선량을 낮게 유지할 수 있는 새로운 절차 및 규정들이 만들어야 방사선작업종사자에게 효과적인 안전관리를 수행할 수 있다[2].

제2절 연구 필요성

최근 국내 방사선이용시설은 매년 약 10%씩 증가하고 있는 추세에 있다. 2000년에 들어서는 눈부신 과학기술의 발전으로 자동화된 방사선발생장치와 고효율의 영상기기가 널리 보급되는 가운데 단순히 방사성동위원소만을 이용하던 이용기관들도 다양하고 성능이 좋아진 다양한 방사선기기를 도입하여 운영하고 있다. 특히 의료기관에서 이러한 현상이 매우 두드러지게 나타나고 있다[3].

그러나 방사선작업종사자수, 방사선원 및 방사선 이용기관의 양적 증가에도 불구하고 방사선안전관리 인력은 추가로 증원 배치되지 않고 있는 실정이다. 이를 보완하고자 방사선안전관리 기기 구매 및 안전관리시스템을 구축하여 운영하고 있으나 장비들 간에 정보 공유방식의 차이로 인하여 몇 안 되는 관리 인력으로는 안전관리 장비를 효율적으로 운용하는 것이 불가능하여 어려움을 겪고 있다.

따라서, 성공적인 방사선방호를 위해서는 조직, 위해요인, 방호대상, 방호요건 들을 분석하여 변화된 환경에 맞는 관리 절차를 만들 필요가 있다[4]. 이것은 업무분석을 통한 개별 절차상의 방사선안전관리 체계를 정비할 필요가 있다는 의미이며 개선된 절차를 바탕으로 관리 대상(선원, 작업자, 시설)의 증가에도 효과적으로 대응할 수 있는 통합관리가 가능한 방사선안전관리 시스템을 운영이 필요하다고 판단된다.

제3절 연구 범위 및 방법론

1. 연구범위

본 연구는 방사선 작업을 통해 얻을 수 있는 방사선작업자 및 일반 근무자 등의 피폭을 효과적으로 제어하여 방사선장해방지를 실현하고자 한다. 이를 위해 결정론적 영향을 방지하기 위해 선량한도를 초과하지 않는 상태에서 ICRP 60 및 ICRP 103 권고에서 제시한 정당화 및 최적화 지침을 반영하고자 한다[2,5,6].

본 연구에서는 ICRP의 권고를 바탕으로 방사선안전관리 인력, 조직 및 업무, 안전을 위협하는 요인, 방호대상, 방호요건에 대해 분석을 실시한다. 이 분석을 바탕으로 법에서 정한 주요한 방사선 관련 업무를 각각 묶어 업무를 체계적인 순서로 도식화 한다. 이를 통해 업무의 흐름이 서로 겹치거나 복잡해지지 않도록 해서 효율적인 방사선안전관리가 이루어 질 수 있도록 한다[7].

도식화된 업무 흐름을 바탕으로 관련 행위(출입관리, 기타 관리기기 등)의 순서, 종류 및 특성을 분석할 수 있고, 또한 서로 다른 정보운영체계를 가진 방사선 관리용 기기나 장치를 통합하여 운영하기 위해서는 장치 간에 정보 흐름이 원활하도록 하여야 한다. 대부분의 방사선 관리용 시스템을 구축할 경우 방사선 관리자와 소프트웨어 설계자 간에 업무에 대한 이해방법이 달라 시스템구축이 이상한 방향으로 구축되는 경우가 많다. 이를 방지하기 위해서 소프트웨어 설계에 필요한 흐름(sequence)을 그림으로 제시하고자 한다. 기존의 절차서도 법의 개정 또는 조직의 변화로 인한 수정이 필요할 경우 용이하게 변경 가능하도록 할 것이다[8,9].

2. 연구방법론

본 연구에서는 원자력안전법에 규정된 법적 이행 사항을 개별 실행단위로 적용한 업무분석(business process analysis)을 실시하였다. 이 단위 업무흐름(Process)을 상호 연관성 있고 효율적으로 운영하고자 한다[10]. 그림 1에서와 같이 단위 업무흐름을 서로 연결시키는 프로세스 모델링을 시작으로 하여 프로세스 가시화, 분석, 개선, 적용 및 모니터링의 방법을 순차적으로 적용하여 ICRP에서 권고하는 계획피폭 상황을 효율적으로 대처할 수 있는 절차를 개발하려고 한다. 단위 프로세스가 잘 모델링돼 그룹화 되었는지를 분석하기 위해서 Program Evaluation and Review Technique (PERT)방법을 적용하여 절차의 적정성을 판단한다.

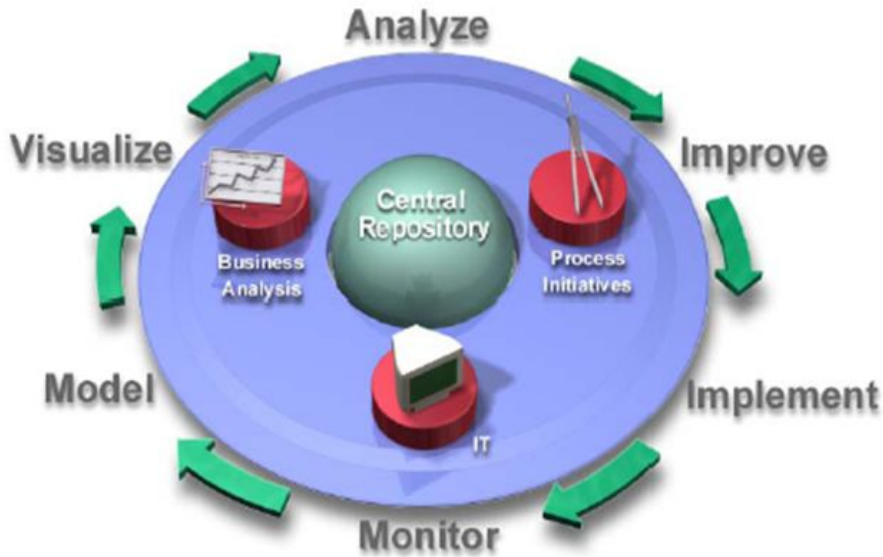


Fig. 1. Structure of circulation for the process modeling.

3. Program Evaluation and Review Technique

가. PERT

PERT(Program Evaluation Review Technique)는 신규 프로젝트로 정해진 목표의 계획과 실시를 시간에 맞추어 과학적으로 수행하기 위한 기법으로, 복수(複數)작업의 상호관계를 그림 2에서와 같이 O표와 화살표를 결합한 네트워크(network) 그림으로 나타낸다. PERT의 특징으로는 1) 어떤 목표를 달성하기 위해 어떤 연구가 행해져야 하고 어떻게 계획돼야 하는가?, 2) 기간은 얼마나 걸릴 것인가?, 3) 어떤 사업의 완성을 위해서는 어떤 단계의 개발(활동)과 시험이 필요한가?, 4) 기관은 얼마나 빨리 이 작업을 할 수 있을까? 5) 이 프로그램을 수행하기 위하여 어떤, 얼마나 많은 자원들이 필요한가를 명확하게 해 준다[11].

나. PERT 적용

종래의 바 차트(Bar chart)에 의한 기법으로서 필요한 각 작업의 관련이 불명확하다. 특히 대규모의 복잡한 계획일 경우 실제 이용하는 데 유효성이 결여되기 때문에 PERT가 개발되었다[12]. PERT는 1957년 미국에서 우주개발, 원자력 잠수함을 건조하고 진수하는 데 일어나는 일련의 복잡한 이벤트 들을 준비하고 관리하는 데 이용되었다. 1962년 미국 정부가 신규 프로젝트에 이 기법의 전면 이용을 결정하여 모든 계약에 첨부할 것을 조건으로 하였다. 이로 인하여 미국전역에 보급되었으며 민간부분에서도 이 방법의 탁월성이 인정돼 기업에 도입되었다[12]. 개발 당시의 PERT는 일정정보를 중심으로 한 관리 기법이었으나 그 후 시간 외에 사람, 물자, 돈과 같은 생산 자원을 관리의 대상 속에 포함시켜 발전적인 형태로 많은 유형이 생겨나고 있다. 우리나라에도 1970년대 초에 도입돼 1975년 이후부터 본격적으로 실용화되었으며 건설, 기계, 화학 공업, 이벤트, 조사연구 등 매우 넓은 분야에서 이용되고 있다.

다. PERT를 이용한 프로세스 분석법

프로세스를 모델링하고 이를 적용함에 있어 모델링이 적절하게 구성되었는가를 확인하기 위해 PERT 기법을 통해 검증할 수 있다. PERT기법에는 임계통로(critical path)를 정하여 전체 구성의 적절성을 판단하게 되는데 이는 PERT도표에서 가장 중요한 요소라고 할 수 있다[13].

임계통로는 한 프로그램의 어떤 부분이 최초의 업무에서 최종업무까지 이르는데 가장 많은 시간을 필요로 하는가를 나타내 준다. 임계통로에서 어떤 업무가 예정시간보다 시간을 더 많이 소비하게 되면 최종업무가 그 만큼 지연되고 만다.

한 프로그램에 얼마만큼의 시간을 할당할 것인지를 결정하기 위해 계획자는 역방향으로 연결을 하든가 또는 순방향으로 연결을 해보고 임계통로를 찾아낼 수 있다. 두 가지 연결방법 중 어느 것을 선택하는가 하는 것은 최종업무 일자가 확정되었는지 아닌지에 따라 결정된다. 어떤 복잡한 상황에서는 이들 두 가지 방법을 결합할 수도 있다.

일단 업무들과 활동들이 PERT망에 잡히면 업무에서 업무로 이끄는 각각의 활동들을 수행하는데 필요한 시간의 양을 산정할 수 있다. 이렇게 되면 계획자는 전체 프로그램을 완성하는데 소요되는 시간 수를 생각할 수 있게 된다.

Table 1. Activities, previous activities & required time

Activities	Previous Activities	Required Time(week)
A	-	7
B	-	12
C	-	5
D	A	13
E	A	10
F	A, B	6
G	A, C	8
H	D	15
I	E, F, G	7
J	E, F, G	2
K	J	6
L	H, I, K	12

업무들과 활동들의 상호관계를 나타내는 PERT망을 설계하고 나면 표 1에서와 같이 각 활동에 소요 되는 시간을 선정하고 그림 2에서와 같이 PERT도표 활동선 위의 적당한 곳에 숫자를 기입한다[12,13].

업무 ①에서 업무 ⑨까지의 각 통로로 이동하는데 그림 3에서 필요한 시간을 종합하면 시간추정이 용이하다. ①-②-⑤-⑧-⑨로 나타난 통로로 이동하는 것은 47주 걸린다. 그러나 ①-③-⑥-⑧-⑨ 통로로는 37주가 걸리고, ①-④-⑥-⑦-⑧-⑨ 과정으로 이동하는 데는 33주가 걸린다. 그러므로 논리적으로 33주 이내에 전체 프로그램을 완성하는 것은 불가능하다.

그림 3의 붉은 선에서와 같이 추정된 시간상으로 보아 PERT망 위에서 가장 긴 시간을 필요로 하는 통로(①-②-⑤-⑧-⑨)를 임계통로라고 한다. 이 통로는 계획자가 최종업무에 도달하는데 꼭 소요되는 필요한 시간을 나타낸다.

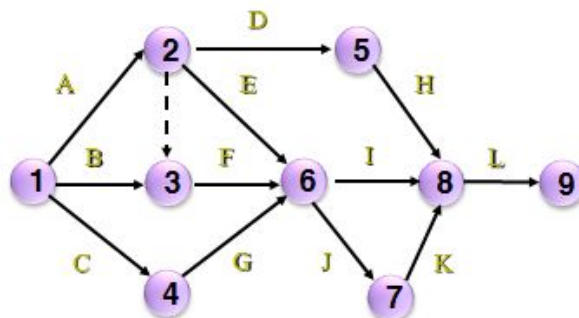


Fig. 2. Chain activities.

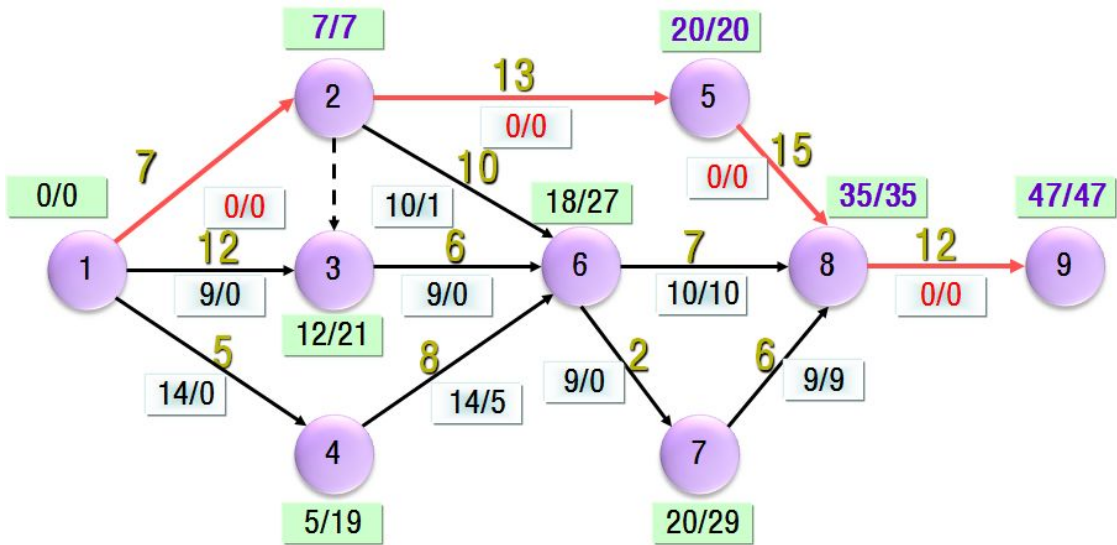


Fig. 3. The decision method of critical path.

4. 방사선방호 원칙 적용

가. 방사선방호의 기본원칙

방사선방호 목표를 달성하기 위하여 방사선 방호체계 준수가 권고돼 있다. ICRP 26 권고에서는 선량제한체계에서 실제 편익을 가져오는 행위만을 대상으로 체계가 구성돼 있었다. 그러나 옥내 라돈에 관한 정보의 축적 또는 체르노빌 원자력발전소의 사고 등을 경험하게 되어 방사선방호 계획을 입안할 때 기존의 피폭의 네트워크에도 개입조치를 적용하여 피폭을 감소시키도록 하고 있어서 개입에 대하여서도 방사선방호의 구성을 권고하고 있다. ICRP 60에서는 피폭의 관점에서 인간 활동을 ① 행위¹⁾와 ② 개입²⁾으로 나누어 각각의 방사선 방호체계를 권고하고 있다[6]. 행위에 대한 방호체계는 ICRP 26의 권고와 큰 차이는 없으나 행위의 정당화 및 방호의 최적화를 판단하는 경우에 방사선방호 요인이 직접 관계되는 선택수단을 선택하는 단계와, 사회적 또는 정책적인 요인이 크게 관여되는 의사결정 단계로 나누어, 방사선 방호 측면에서는 처음 단계

1) practice : 피폭을 전체적으로 증가시키는 인간 활동
2) intervention : 피폭을 전체적으로 감소시키는 인간 활동

만을 다룰 것을 명확히 한 점이 다르다. 그러나 최근 ICRP 103에서는 과거 행위, 개입의 과정기반 접근에서 발전하여 상황기반 접근 (Exposure situation-based system) 계획, 비상, 기존피폭으로 구분하고, 계획피폭은 개인선량한도 유지, 선량제약치 또는 위험제약치, 비상피폭과 기존피폭은 참조준위, 개인의 선량 또는 위험을 각각 제약하는 것으로 권고하고 있다[14].

나. 방사선방호를 위한 선량한도의 적용

각각의 피폭선량, 피폭되는 사람의 수를 사회적, 경제적 요인을 고려하여 합리적으로 달성할 수 있는 한 낮게 억제하기 위한 방호방법을 선택할 필요가 있다. 이때 선량제약치는 착안하고 있는 특정행위나 선원으로부터 개인이 받는 선량 상한치로 설정하여 개인의 피폭선량이 선량제약치를 넘지 않도록 방호방법을 선택하였다. 방사선 방호체계 중에서 가장 중요한 것은 방호의 최적화이다. 직업상피폭 및 공중피폭 각각에 대하여 개인의 선량한도가 설정돼 있어서 모든 선원 또는 행위에서 받는 개인의 피폭선량은 표 2의 선량한도 값을 넘어서는 안 된다.

본 연구에서도 국제방사선방호위원회(ICRP)에서 권고하는 방사선방호체계 및 권고 지침을 이행하고자 ICRP 60 및 103에서 제시된 방사선량한도를 초과하지 않고 피폭을 주는 방사선원과 피폭을 받는 개인에게 보다 선진화된 방법으로 방사선안전관리 방안을 개선하고자 하였다. ICRP 103에서 권고하는 결정론적 영향에 대해 문턱선량을 넘어서는 상황은 방호조치의 대상이 돼야 하고 연간선량이 100 mSv 정도이면 방호조치의 도입이 정당화된다는 권고를 고려하였다.

피폭상황에 대해서는 계획피폭상황을 기반으로 선원을 계획적으로 도입해 운용함과 관련된 피폭상황으로 가정하였으며 개별적 또는 사회적 이득을 위하여 미리 선택된 행위를 도입하여 발생하는 피폭상황과 규제외 범주에 포함할 것인지 판단이 가능한 부분의 계획피폭 상황에 대해 프로세스를 설정하였다.

계획피폭상황에서 규제 되는 모든 선원으로 부터 받는 유효선량에 대한 개인선량한도를 유지할 수 있도록 하였고 이 한도는 계획피폭상황에서 규제당국이 용인하는 최대선량으로 모든 피폭상황에 유사한 방식으로 적용할 수 있는 방호최적화 원칙을 적용하였다. 계획피폭상황에서 선량제약치, 또는 위험제약치로 위험을 각각 제약하는 것에 대해서는 각각의 알람 값을 설정하도록 하였다.

Table 2. Dose limit³⁾

구분		방사선작업종사자	수시출입자 및 운반종사자	일반인
1. 유효선량한도		연간 50 mSv를 넘지 않는 범 위에서 5년간 100 mSv	연간 12 mSv	연간 1 mSv
2. 등가선량한도	수정체	연간 150 mSv	연간 15 mSv	연간 15 mSv
	손·발 및 피부	연간 500 mSv	연간 50 mSv	연간 50 mSv

비고

1. 위 표에서 "5년간"이란 임의의 특정 연도부터 계산하여 매 5년씩의 기간(예: 1998 ~ 2002)을 말한다. 다만, 1998년도 이전의 기간에는 이를 적용하지 않는다.
2. 일반인의 경우 5년간 평균하여 연 1 mSv를 넘지 않는 범위에서 단일한 1년에 대하여 1 mSv를 넘는 값이 인정될 수 있다.
3. 방사선작업종사자 중 임신이 확인된 사람과 일반인 중 방사성동위원소 등을 제한적 또는 일시적으로 사용하는 사람에 대해서는 위원회가 따로 정하여 고시하는 바에 따른다.

3) 원자력안전법 시행령 제2조제4호 관련 [별표1]

제 2 장 연구결과

제1절 방사선안전관리 운영조직 및 위해 요인 분석

1. 현황 및 배경

방사선 이용분야는 크게 발전분야와 비발전분야로 구분되는데 발전분야는 원자력발전 사업자로 단일하며 비 발전분야는 산업기관, 공공기관, 의료기관, 교육기관, 연구기관, 군사기관 등으로 분류할 수 있다. 방사성동위원소 및 방사선발생장치(이하 “방사성동위원소 등” 이라 한다.)의 사용은 의료, 연구, 산업 현장 등에서 사용하고 있으며 사용기관의 수도 2014년 10월 기준으로 허가기관만 5,071기관에 이른다[15].

각 분야별 이용 동향을 살펴보면 의료분야 중 핵의학 분야에서 양전자단층촬영(Positron Emission Tomograph)에 사용되는 단 반감기 양전자 방출핵종의 사용이 늘어나는 추세이다. 치료분야에서 선형가속기, 감마나이프 및 사이버나이프 등의 최신 기기의 설치가 늘어나고 있다. 산업분야는 산업용 게이지 및 화물의 투시검사에 사용하는 X선, 방사선 가공부분의 대단위 감마선 조사시설 및 열수축성 수지, 가교 형성 등에 이용되고 있는 전자선 조사기가 있다. 연구부분에는 세포생물학 또는 분자생물학 분야에서 대사의 추적이나 DNA나 RNA 염기서열 연구 등에 ^{32}P 등을 이용한 표지화합물에 빈번히 이용하고 있으며 방사선 육종분야에서 감마농장(Gamma field)처럼 방사능이 높은 감마선원을 작물의 조사에 사용하고 있다[16].

Table 3. Annual change in the number of licensed organizations 4)

년도	산업	공공	의료	교육	연구	군사	계
2005	1,671	424	140	215	261	12	2,723
2006	1,988	386	150	220	276	53	3,073
2007	2,351	409	156	217	293	54	3,480
2008	2,643	433	162	227	299	60	3,824
2009	2,922	465	170	232	306	62	4,157
2010	3,334	485	179	234	324	59	4,615
2011	3787	503	185	283	334	63	5,155
2012	4157	613	198	291	281	63	5,606

4) 출처 : 한국동위원소협회, 2012년도 방사선이용통계, 2013.

방사성동위원소 등의 연도별 인·허가 현황을 볼 때 국내 방사선이용 현황은 1967년 31기관으로 부터 2010년 4,615기관으로 조사되었다[17]. 2014년 10월 기준으로 5,071개 기관으로 매우 빠르게 성장하고 있다.

국내 방사선이용시설은 매년 약 10%씩 증가되는 추세이며, 최근 들어 방사선이용설비 및 장비가 대형화, 집적화, 다양화됨에 따라 단일시설 관리 개념에서 복합시설 관리 개념으로 변하고 있다[18]. 이러한 복합적인 위해요소가 내재된 방사선이용시설의 신뢰성 및 안전성 확보가 강조되고 있어 방사선이용 활성화를 위해 효율적인 방사선 안전관리 시스템 개발이 이뤄져야할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 소수 인력으로 방사선안전관리가 운영 가능한 표준형통합 방사선안전관리 시스템개발을 위해 방사선이용시설의 사고 현황 및 안전을 위해하는 요인들을 분석하였다.

2. 조직 및 직무

가. 원자력안전법 상의 방사선안전관리 조직 및 직무

원자력안전법에 따르면 방사선을 사용하고자 하는 기관에서는 방사선안전관리 조직 및 해당 조직의 업무 범위를 법에서 규정한 방사선안전관리규정을 작성하여 시행하도록 하고 있다. 방사선안전관리 조직 구성에 대해서는 원자력안전위원회가 고시한 “안전관리규정 작성지침” 제4조 세부지침 1호에 “방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질을 취급하는 조직 및 그 기능에 관한 사항 : 방사선안전관리를 위한 조직도와 함께 조직도에 명시된 관련자의 직무를 기술한다.” 라고 명기되어 있다.

방사선안전관리 조직 구성은 사용기관별 방사선이용시설 특수성 및 방사성동위원소 등의 사용 수량에 따라 다른 구조를 가지게 된다. 교육기관 및 연구소 등은 학술 연구 등의 목적으로 다양한 방사성동위원소를 사용하고 있으며 방사선이용시설 또한 다양하여 안전관리조직이 복잡하고 세분화 되는 경향이 있다[19]. 이에 반해, 산업체의 경우는 비파괴, 방사선원을 이용한 계량시스템기술, 기타 방사선 이용 기술로 한정된 방법으로만 운영되는 경우가 많다. 일반적으로 산업안전을 총괄하는 부서에서 방사선안전관리를 같이 수행하는 경우가 대다수이다.

(1) 교육기관

일반적으로 교육기관은 학술 및 연구 활동의 목적으로 방사성동위원소 또는 방사선 발생장치를 사용하며 방사선이용시설과 방사선작업종사자 수는 많지만 의료기관 및 산업체와는 달리 연간 사용량은 적은 편에 속한다[17]. 교육기관은 그 특성상 주로 개방 방사성동위원소를 사용하는 방사선작업종사자로 대학원생이 주로 이용하며 졸업 및 취업과 같은 일정 주기로 교체가 빈번하므로 효율적인 방사선안전관리는 물론 방사선작업종사자의 이력 관리에도 많은 애로사항이 있다. 표 4와 5에서와 같이 교육기관의 방사선안전관리 조직 및 직무를 예시 하였다[20,21,22].

Table 4. Radiation safety organization for educational institution



Table 5. The duty of radiation safety officer for educational institution

<p>1. 총장</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선안전관리의 최고 책임자이다. ○ 방사성동위원소 및 방사선발생장치의 취급 및 방사선장해방어에 관하여 총괄 지휘 감독한다. ○ 사업주는 방사선안전관리를 위하여 방사선 관련 면허를 받은 자 또는 국가기술자격법에 의한 관리기술사를 확보하여야 한다. ○ 사업주는 방사선안전관리자와 의사소통이 잘 되어 하며, 의견을 존중하여야 한다. <p>2. 행정조직의 책임자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선안전관리 업무를 담당하는 부서의 장으로서, 중장을 보좌하여 방사선안전관리자의 지문을 얻어 방사선 장해를 방지하기 위해 필요한 업무를 수행한다. <p>3. 방사선안전관리자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선작업종사자에게 “방사선안전관리규정” 을 준수 시킨다. ○ 방사선안전관리규정을 제정하고 수정하는 업무 ○ 법령에 의한 허가, 신고, 보고, 심사의 업무 ○ 방사성동위원소 및 방사선발생장치의 사용, 저장, 폐기, 운반 및 방사선장해방어에 관하여 필요한 사항의 기록과 대장 유지에 관한 사항 ○ 종사자의 이력관리(피폭선량, 건강검진, 교육이수사항 관리) ○ 종사자 및 수시 출입자에 대한 주의사항 지시 및 교육에 관한 사항 ○ 방사선 사용시설, 분배시설, 저장시설, 폐기시설의 기술기준의 준수 ○ 종사자 교육 실시 ○ 방사선 장해 방지를 위해 필요 시 관련 부서의 장 및 종사자에게 직접 시정을 요구 ○ 방사선 장해를 방지하기 위하여 방사선시설의 사용 중지를 명할 수 있다. ○ 부서장, 총장 및 한국원자력안전기술원장에게 그 사실을 즉시 보고 하여야 한다. ○ 방사선 장해를 받은 자 또는 받을 우려가 있는 자에 대한 보건상 필요한 조치 ○ 분실, 화재 등에 대한 위험방지 조치에 관한 사항 ○ 기타 방사선작업과 관련된 행정적 조치에 관한 사항 <p>4. 방사선안전관리 대리자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선안전관리자가 질병, 해외여행 등의 기타 사유로 인하여 1개월 이상 장기 간 부재 시 대리자를 선임하여야 한다.
--

(2) 산업체

산업체는 크게 일반산업체와 비파괴 회사, RIs(radioisotopes) 및 RGs(radiation generators) 판매회사로 구분할 수 있다. 다른 업종에 비해 방사선작업종사자 인원 대비 방사선안전관리자가 많은 편이다. 특히, 비파괴 회사의 경우 업무의 특성상 이동사용 빈도수가 높고 방사선작업종사자가 피폭을 많이 받게 되므로 방사선안전관리상의 주의를 요하게 된다. 일반 산업체의 경우는 방사선안전관리자 및 방사선작업종사자가 타 업무를 겸직하는 경우가 많고 산업보건안전관리에 포함되어 관리를 하는 경우도 있다. 산업체의 방사선안전관리는 표 6의 조직도를 바탕으로 표 7에서와 같은 직무를 수행하고 있다.

Table 6. Radiation safety organization for industrial institution

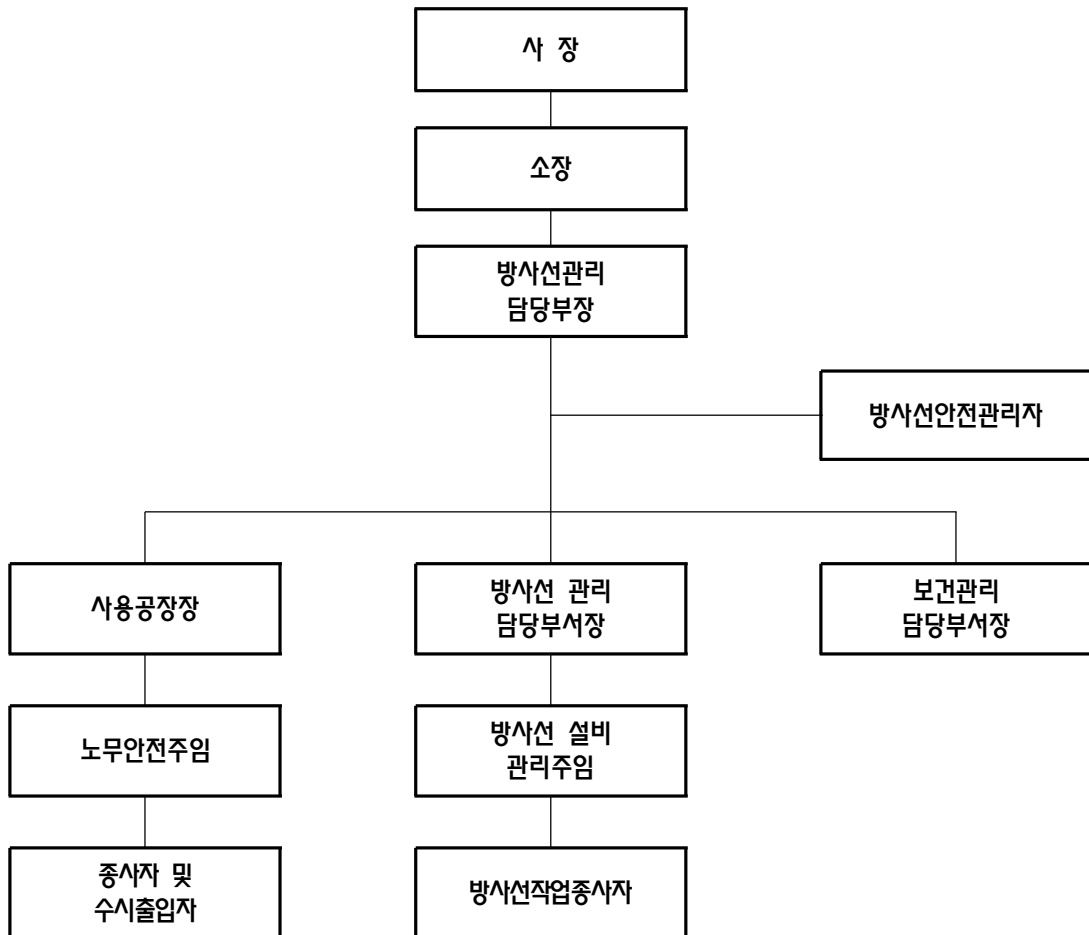


Table 7. The duty of radiation safety officer for industrial institution

<p>1. 사장</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 회사 내 방사성동위원소, 방사선발생장치 등의 취급 및 방사선 장해방어에 관한 업무를 총괄한다. <p>2. 소장</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 사장을 보좌하여 방사선 관계 제반업무를 총괄 지휘, 감독한다. <p>3. 방사선관리 담당부장</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사성동위원소 등의 사용에 관한 제반 업무수행 및 취급에 관한 기술지도 ○ 관계법령 및 규정에 의한 방사선 관계 업무의 관리감독 <p>4. 방사선안전관리자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 방사선관리 담당부서장을 보좌하여 방사선장해방어 상 필요한 방사선안전관리 업무를 총괄하여 수행한다. ○ 방사선장해방어 상 필요하다고 판단되는 경우 관련부서장 및 종사자에게 직접 시정조치 한다. ○ 방사선장해방어 상 필요하다고 판단되는 경우에 한하여 방사선시설의 사용중지를 명할 수 있다. 이 경우에는 대표이사 및 한국원자력안전기술원장(이하"기술원장" 이라한다)에게 그 사실을 즉시 보고한다. ○ 종사자 등이 동 규정을 위반할 경우 필요에 따라 부서장에게 직접 시정을 요구할 수 있다. ○ 원자력안전법 관련 기술기준 준수 및 다음 각 호의 업무를 처리한다. <ul style="list-style-type: none"> - 방사선작업의 관리감독과 종사자 및 수시출입자에 대한 주의사항 지시 및 교육에 관한 사항 - 방사성동위원소 및 방사선발생장치의 수급에 대한 사용, 저장, 보관, 폐기, 운반 및 방사선 장해방어에 관하여 필요한 사항의 기록 및 비치에 관한 사항 - 방사선 장해를 받은 자 또는 받을 우려가 있는 자에 대한 보건 상 필요한 조치에 관한 사항

- 도난, 분실, 화재 등 위험방지를 위한 권고 조치
- 방사선시설(사용, 저장, 폐기시설)의 기술기준 준수 및 계속유지에 관한 사항
- 방사선방호장비의 종괄관리
- 기타 방사선작업과 관련된 행정적인조치에 관한 사항

5. 방사선 관리담당 부서장

- 방사선 시설물의 설치, 유지보수 및 전문 점검
- 방사성동위원소 등에 대한 대외승인 및 보고업무 수행
- 방사선작업과 관련된 행정적인 조치에 관한 사항
- 방사선 장애방어에 대한 현장업무수행

6. 사용공장장

- 방사선 시설물 일상 점검 및 확인
- 소속 종사자 및 수시출입자의 장애 예방 및 안전관리 지도
- 방사선작업 종사자, 수시출입자 선정 및 위탁교육 실시
- 일상점검에 필요한 방사선 방호장비와 안전보호구 수급 및 관리
- 도난, 분실, 화재 등 위험방지 조치
- 방사선 안전교육 계획 수립

7. 보건관리담당 부서장

- 종사자에 대한 건강진단 실시, 평가 및 안전관리자에게 통보

8. 노무안전주임

- 종사자의 개인피폭선량계 (예 : 열형광선량계) 관리 점검
- 방사선종사자 및 수시출입자에 대한 주의사항 지시 및 교육

9. 방사선설비 관리주임

- 방사선안전관리자의 지시 및 감독을 받아 다음의 업무를 수행

- 관계법령에 제시된 제 기준의 준수 및 확보

- 방사선량률 등의 측정

- 안전보호구 및 안전표지판 수급
- X-RAY 발생장치 및 X-RAY PANEL 열쇠 관리
- 방사선종사자의 장해방어에 필요한 제반조치

10. 종사자

- 방사선안전관리자 및 관련 부서장의 지시, 감독 하에 방사성동위원소, 방사선발생장치 등의 사용, 저장, 보관, 운반, 폐기, 유지, 보수 등의 업무에 종사한다.
- 사고, 위험 등이 발생하면 방사선안전관리자 및 담당 부서장에게 즉시 보고

11. 방사선설비 투자관련 부서장

- 방사선설비 구매요구서를 작성하여 방사선관리 담당 부서장에게 제출하여야 한다.
- 도입 방사선설비에 관한 모든 자료는 계약 후 1개월 이내 제출하여야 한다.

※ 방사선안전관리자의 책임 및 권한

1. 방사선안전관리자는 직무를 수행함에 있어서 열과 성의를 다하여 대표자 및 방사선관리 담당부장을 보좌하여야 하며 방사선 이용에 따른 방사선 장해가 발생되지 아니하도록 사전 예방 활동을 적극적으로 수행하여야 한다.
2. 방사선안전관리자는 종사자가 이 규정을 위반하였거나 정당한 직무지시 및 감독 수행을 거부할 때에는 그 위반사실 및 직무거부 사실을 서면 작성하여 담당부장에게 보고하고 징계를 요구할 수 있다.
3. 제2항의 규정에 의하여 징계를 요구 받은 담당부장은 이에 따른 적절한 조치를 하여야 한다.
4. 방사선안전관리자는 이 규정에 의한 선의의 업무수행 결과 및 원자력안전법에 의한 행위를 한 것을 이유로 해고당하거나 인사 상 불이익을 당하지 아니한다.

나. 타 법상의 안전관리 조직 및 직무

산업안전보건법령에 의거하여 일반 산업체 안전관리는 산업안전·보건에 관한 기준을 확립하고 있다. 산업체의 안전을 수행하기 위해서는 산업재해방지시책을 실시하는 안전관리 조직을 설정해야 한다[23]. 안전관리조직을 설치하는데 주요한 요건은 첫째, 조직을 구성하는 관리자의 책임과 권한이 명확하게 되어 있어야 하며, 둘째 생산조직과 밀착된 조직 등 이어야 한다[24]. 안전보건법상의 안전보건관리의 경우 표 8의 조직을 구성하고 있으며 표 9에서와 같은 직무를 예시하였다[25].

Table 8. Radiation safety organization for industrial institution under the law of Safety & Health

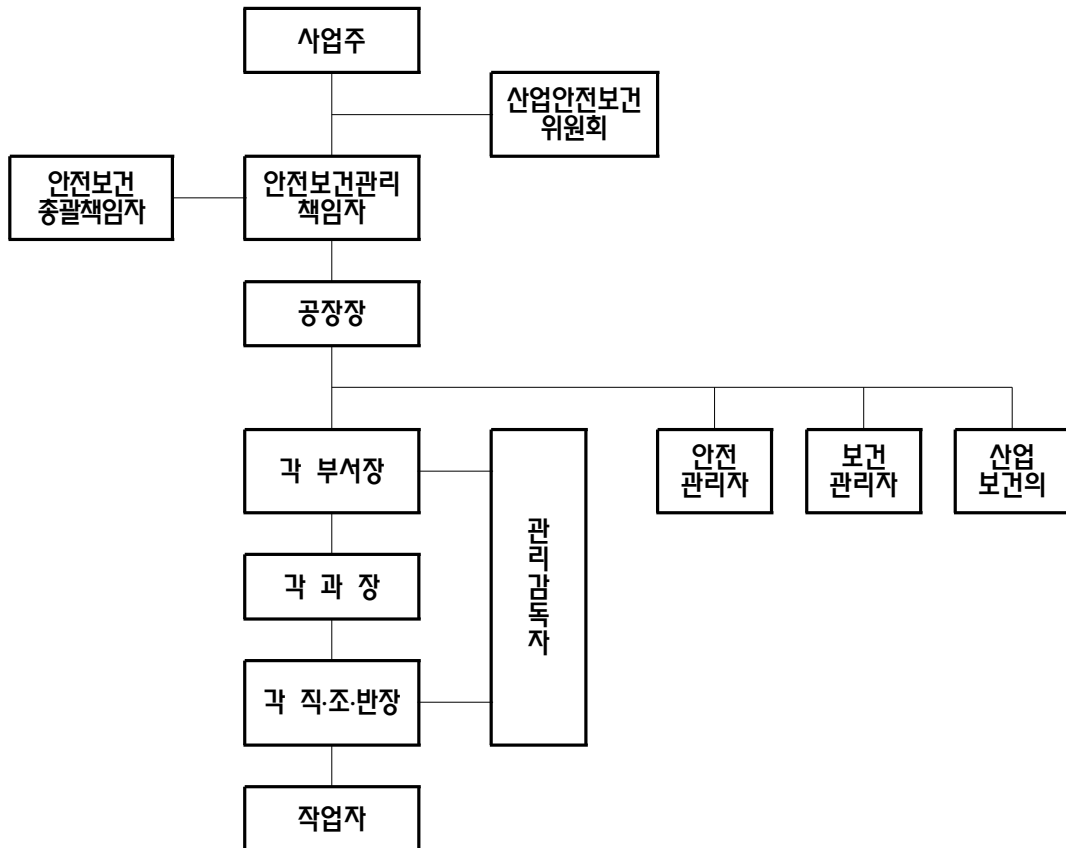


Table 9. The duty of radiation safety officer for industrial institution under the law of Safety & Health

<p>1. 안전보건관리책임자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 산업재해예방계획의 수립에 관한 사항 ○ 근로자의 안전보건 교육에 관한 사항 ○ 작업환경 측정 등 작업환경의 점검, 개선에 관한 사항 ○ 안전관리자를 지휘감독, 안전관리자의 건의에 대한 조치 의무 등 <p>2. 관리감독자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 사업장 내 관리감독자가 지휘감독하는 작업과 관련된 기계기구 또는 설비의 안전보건 점검 및 이상유무의 확인 ○ 관리감독자에게 소속된 근로자의 작업복보호구 및 방호장치의 점검과 그 착용사용에 관한 교육 지도 ○ 해당 작업에서 발생한 산업재해에 관한 보고 및 이에 대한 확인 및 감독 ○ 해당 작업의 작업장 정라정돈 및 통로 확보에 대한 확인 및 감독 ○ 해당 사업장의 산업보건의안전관리자 및 보건관리자의 지도조언에 대한 협조 ○ 그 밖에 해당 작업의 안전보건에 관한 사항으로서 고용노동부령으로 정하는 사항 <p>3. 안전관리자</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 산업안전보건위원회 또는 안전보건에 관한 노사협의체에서 심의의결한 해당 사업장의 안전보건관리규정 및 취업규칙에서 정한 직무 ○ 의무안전인증대상 기계기구 등과 자율안전확인대상 기계기구 등 구입 시 적격 품의선정 ○ 해당 사업장 안전교육계획의 수립 및 실시 ○ 사업장 순회점검지도 및 조치의 건의 ○ 산업재해 발생의 원인 조사 및 재발 방지를 위한 기술적 지도조언 ○ 산업재해에 관한 통계의 유지관리를 위한 지도조언 ○ 법 또는 법에 따른 명령이나 안전보건관리규정 및 취업규칙 중 안전에 관한 사항을 위반한 근로자에 대한 조치의 건의 ○ 업무수행 내용의 기록 유지 ○ 그 밖에 안전에 관한 사항으로서 고용노동부장관이 정하는 사항
--

4. 보건관리자

- 산업안전보건위원회에서 심의의결한 직무와 안전보건관리규정 및 취업규칙에서 정한 업무
- 건강장해를 예방하기 위한 작업관리
- 의무안전인증대상 기계기구 등과 자율안전확인대상 기계기구 등 중 보건과 관련된 보호구 구입 시 적격품 선정
- 물질안전보건자료의 게시 또는 비치
- 산업보건의의 직무
- 근로자의 건강관리, 보건교육 및 건강증진 지도
- 해당사업장의 근로자를 보호하기 위한 의료행위
 - 외상 등 흔히 볼 수 있는 환자의 치료
 - 응급처치가 필요한 사람에 대한 처치
 - 부상질병의 악화를 방지하기 위한 처치
 - 건강진단 결과 발견된 질병자의 요양, 지도 및 관리
 - 위 사항의 의료행위에 따르는 의약품 투여
- 작업장 내에서 사용되는 전체 환기장치 및 국소 배기장치 등에 관한 설비의 점검과 작업방법의 공학적 개선지도
- 사업장 순회점검지도 및 조치의 건의
- 직업성 질환 발생의 원인 조사 및 대책 수립
- 산업재해에 관한 통계의 유지와 관리를 위한 지도와 조언 (보건 분야)
- 법 또는 법에 따른 명령이나 안전보건관리규정 및 취업규칙 중 보건에 관한 사항을 위반한 근로자에 대한 조치의 건의
- 업무수행 내용의 기록 유지
- 그 밖에 작업관리 및 작업환경관리에 관한 사항

5. 산업보건의

- 건강진단 결과의 검토 및 그 결과에 따른 작업 배치, 작업 전환 또는 근로시간의 단축 등 근로자의 건강보호 조치
- 근로자의 건강장해의 원인 조사와 재발 방지를 위한 의학적 조치
- 그 밖에 근로자의 건강 유지 및 증진을 위하여 필요한 의학적 조치에 관하여 고용노동부장관이 정하는 사항

다. 안전관리 조직 및 직무 비교

원자력안전법령과 산업안전보건법령 상의 안전관리 조직을 비교하면 큰 차이점은 다음과 같다.

1) 안전관리 조직

방사선안전관리 조직은 원자력안전위원회 고시에서 명시되어 있으나, 안전·보건관리 체제는 산업안전보건법에서 그 정의를 하고 있음

Table 10. Radiation safety organization rule under other law

구분	소관부처	내용
건설기술관리법	국토교통부	제26조의3 : 안전관리조직을 규정
교통안전법	국토교통부	제21조: 교통안전 관련 조직에 관한 사항
산업안전보건법	고용노동부	제20조: 안전·보건 관리조직과 그 직무에 관한 사항
소방공무원 보건안전 및 복지 기본법	소방방재청	제14조 : 보건안전관리 조직과 그 직무에 관한 사항
액화석유가스의 안전관리 및 사업법	산업통상자원부	제12조 : 경영 방침, 조직 관리, 자료·정보 관리, 시설 관리, 종업원 안전교육 등 경영 활동 전반에서 안전을 우선으로 하고, 이를 통하여 종합적으로 안전을 확보할 수 있도록 필요한 사항을 안전관리규정에 포함시켜야 한다.
연구실 안전환경 조성에 관한 법률	미래창조과학부	제6조: 안전관리조직체계 및 그 직무에 관한 사항
약사법	보건복지부	제68조의3 : 의약품안전관리원의 조직 및 운영 등에 관하여 필요한 사항
건설기술관리법 시행령	국토교통부	제97조: 안전관리조직을 규정

구분	소관부처	내용
시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령	국토교통부	제5조 : 시설물의 적절한 안전과 유지관리를 위한 조직·인원 및 장비의 확보에 관한 사항 규정
위험물안전관리법 시행규칙	소방방재청	제63조 : 위험물의 안전관리업무를 담당하는 자의 직무 및 조직에 관한 사항
여객선운항관리규칙	국토교통부	제2조 : 안전관리 조직에 관한 사항을 규정
석유광산보안규칙	산업통상자원부	제19조 : 안전관리 조직을 규정
도시철도시설 안전기준에 관한 규칙	국토교통부	제89조 : 유지·관리 조항에 안전기준에 적합한 상태를 지속적으로 유지할 수 있도록 필요한 조직 및 인원 계획수립을 규정
선박안전법 시행규칙	국토교통부	제65조 : 컨테이너의 안전점검의 정기 (계속)점검계획에 운영조직 및 실시요령을 포함하도록 규정

2) 안전관리 직무

방사선안전관리 직무는 해당 고시에 “조직도에 명기된 관련자의 직무를 기술한다”라고 규정하고 있으나, 안전·보건관리 체제는 산업안전보건법에서 안전보건관리책임자 등의 직무에 대한 명확한 정의를 하고 있다.

일반 산업체의 안전관리 조직은 표 10에서 보는 것과 같이 관련된 법규, 시행령 및 시행규칙에서 조직에 대한 정의를 하고 있지만, 방사선안전관리의 조직 및 직무에 대한 규정은 관련법에서 정확하게 규정하고 있지 않고 안전관리규정에 자체 기준을 만들어 이를 수행하도록 되어 있다. 이는 조직 및 직무에 대한 법적인 근거가 부족하여 방사선 안전관리자에 대한 권한 등이 부족할 뿐만 아니라 안전관리 업무의 처리 및 현실적인 재정적 뒷받침 등이 미흡하기 때문이다.

3. 방사선안전관리 인력

2010년 기준으로 표 11에서와 같이 국내 방사성동위원소 등의 사용 등의 기관 4,615기관 중 방사선안전관리자로 선임된 면허자 수는 총 1,648명이다. 방사선작업종사자는 24,185명이다. 방사성동위원소 등을 사용하는 각 업종별로 방사선작업종사자 인원수 대비 방사선안전관리자의 선임자수는 평균 14.5명으로 집계되어 있다.

Table 11. Radiation safety officers & workers 5)

(Unit : Persons)

업종	구분	2010년		
		방사선안전관리자	방사선작업종사자	선임자 1인당 종사자수
산업기관		1,073	12,656	11.8
공공기관		48	665	13.9
의료기관		355	3,839	10.8
교육기관		105	4,931	47
연구기관		67	2,094	31.3
계		1,648	24,185	14.5

가. 방사선안전관리자

방사선안전관리자의 선임 기준은 원자력안전법 시행령⁶⁾에 명기돼 있고, 표12와 같이 방사성동위원소 및 방사선발생장치 사용허가 시 인력기준과 비파괴검사 목적 이동사용시의 허가기준으로 구분할 수 있다. 방사선안전관리자의 선임 기준이 되는 면허로는 방사성동위원소취급자특수면허, 방사선취급감독자면허, 방사선관리기술사 또는 방사성동위원소취급일반면허가 있으며 표 13에서와 같이 비파괴검사 목적 이동사용 시의 허가 기준 인력으로 비파괴검사 기사, 비파괴검사 산업기사 및 비파괴검사 기능사가 추가된다. 표 14에서와 같이 일반적으로 방사성동위원소취급특수면허는 의료기관에 방사선안전관리자 선임이 되며, 교육기관 및 산업체 등에서는 방사성동위원소 등의 사용 수량 등에 따라 방사선취급감독자면허, 방사선관리기술사 또는 방사성동위원소취급자일반면허 소지자를 방사선안전관리자로 선임하고 있다.

5) 출처 : 한국동위원소협회, 2010년도 방사선이용통계, 2011.

6) 시행령 별표2, 별표3

Table 12. Criteria for permission of general using of radioactive materials

구분	기준
1. 방사성동위원소 등을 인체에 사용하는 경우	방사성동위원소취급자특수면허 소지자 1명 및 방사선취급감독자면허 또는 방사성동위원소취급자일반면허 소지자 1명 이상
2. 방사성동위원소 등을 인체 외에 사용하는 경우 가. 밀봉된 방사성동위원소 1) 기기에 장비되지 않은 것으로서 연간 사용량이 1.85테라베크렐 이상 2) 기기에 장비되지 않은 것으로서 연간 사용량이 1.85테라베크렐 미만 3) 기기에 장비된 것으로서 연간 사용량이 3.7 테라베크렐 이상	- 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상 - 방사성동위원소취급자일반면허 소지자 1명 이상 - 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상
4) 기기에 장비된 것으로서 연간 사용량이 3.7 테라베크렐 미만	- 방사성동위원소취급자일반면허 소지자 1명 이상
나. 밀봉되지 않은 방사성동위원소 1) 연간 사용량이 1.85기가베크렐 이상 2) 연간 사용량이 1.85기가베크렐 미만 다. 방사선발생장치 1) 1메가전자볼트 이상 2) 최대 사용전압 350킬로볼트 이상으로서 용량이 350킬로볼트 5밀리암페어 1대 이상 3) 최대 사용전압 350킬로볼트 미만으로서 용량이 250킬로볼트 5밀리암페어 2대 이상 4) 2) 및 3)에서 정한 각각의 전압·용량 및 수량이 동시에 해당되지 않는 경우	- 방사선취급감독자면허나 방사성동위원소취급자특수면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상 - 방사성동위원소취급자일반면허 또는 방사성동위원소취급자특수면허 소지자 1명 이상 - 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상 - 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상 - 방사성동위원소취급자일반면허 소지자 1명 이상
3. 일시적 사용 장소에서 방사성동위원소 등의 이동 사용을 전문으로 하는 경우	- 방사성동위원소취급자일반면허 소지자 1명 이상
4. 방사성동위원소 등의 판매업자 가. 방사성동위원소를 판매하는 경우 나. 방사선발생장치를 판매하는 경우	- 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상 - 방사성동위원소취급자일반면허 소지자 1명 이상
5. 방사성동위원소 등의 생산업자	- 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 1명 이상

Table 13. Criteria for permission of NDT

구 분	기 준
인 력	가. 면허 소지자 - 방사선취급감독자면허 소지자 또는 방사선관리기술사 : 2명 이상(이 중 1명은 방사선투과검사 수행 경력 1년 이상인 사람) - 방사성동위원소취급자일반면허 소지자: 2명 이상 나. 기술자격 소지자 - 비파괴검사 기사: 1명 이상 - 비파괴검사 산업기사: 2명 이상 - 비파괴검사 기능사: 2명 이상

Table 14. The status of appointed radiation safety officers 7)

(Unit : Persons)

업종 \ 구분	일반면허	감독면허	특수면허	업무대행	계
산업기관	487	258	1	389	1,135
공공기관	12	35	1	17	65
의료기관	186	22	181	0	389
교육기관	111	53	9	7	180
연구기관	22	25	2	9	58
군사기관	28	4	0	0	32
계	846	397	194	422	1,859

7) 출처 : 한국동위원소협회, 2012년도 방사선이용통계, 2013.9

나. 방사선작업종사자

2006년부터 2010년까지의 각 기관별 방사선작업종사자 현황은 표 15에서와 같이 방사선안전관리자에 비해 많은 인력이 종사한다. 방사선작업종사자의 정의는 원자력이 용시설의 운전·이용 또는 보전이나 방사성물질 등의 사용·취급·저장·보관·처리·배출·처분·운반과 그 밖의 관리 또는 오염제거 등 방사선에 피폭되거나 그 염려가 있는 업무에 종사하는 자로 규정돼 있다, 방사선작업종사자는 다음과 같이 방사선장해방지를 위한 건강진단, 피폭관리 및 교육훈련을 마친 후 방사선안전관리자의 지도 감독 하에 방사선작업에 종사 할 수 있다.

1) 건강진단

가) 직업력 및 노출력, 방사선 취급과 관련된 병력, 임상검사 및 진찰

(1) 임상검사: 말초혈액 중의 백혈구 수, 혈소판 수 및 혈색소의 양

(2) 진찰: 눈, 피부, 신경계 및 조혈기계 등의 증상

나) 검사 결과 건강수준의 평가가 곤란하거나 질병이 의심되는 경우에는 “말초혈액도말검사”와 “세극등현미경검사” 등을 할 수 있다.

다) 건강진단을 실시하는 시기

(1) 최초 방사선작업에 종사하기 전

(2) 방사선작업에 종사중인 자에 대하여는 매년. 다만, 전년도 건강진단 이후 12월간의 피폭방사선량이 일반인에 대한 선량한도를 초과하지 아니한 경우에는 이를 생략할 수 있다.

(3) 방사선작업종사자에 대한 선량한도를 초과한 때

2) 피폭관리

가) 방사선작업종사자가 방사선관리구역에 출입하는 때에는 방사선작업종사자의 피폭방사선량을 평가하기 위하여 원자력안전위원회가 정하는 개인선량계를 착용 할 것

나) 방사선작업종사자가 착용하는 개인선량계는 원자력안전위원회가 정하는 기간마다 교체하여 판독할 것

다) 판독특이자가 발생한 때에는 원자력안전위원회가 정하여 고시하는 바에 라 필요한 조치할 것

3) 교육훈련

- 가) 원자력관계사업자는 방사선작업종사자에 대해서는 신규교육과 정기교육을 실시하여야 한다. 이 경우 신규교육은 작업 종사 전에 실시하여야 한다.
- 나) 교육은 기본교육과 직장교육으로 구분하여 실시한다. 이 경우 기본교육은 위원회가 지정하여 고시하는 기관에서 받도록 하여야 하며, 직장교육은 해당 원자력관계사업자가 자체적으로 실시하되 위원회가 지정하여 고시하는 기관에 위탁하여 실시할 수 있다.
- 다) 기본교육을 받는 자에 대해서는 평가를 실시하여야 하며, 그 평가 결과 기준에 미달한 자는 3개월 이내에 다시 교육을 받아야 한다.
- 라) 교육시간
- (1) 작업종사전 교육·훈련 : 12시간 이상 - 기본교육과 직장교육으로 분리됨
 - (2) 정기적 교육·훈련 : 매년 6시간 이상 - 기본교육과 직장교육으로 분리됨

Table 15. The status of radiation workers ⁸⁾

(Unit : Persons)

업종		구분	방사선작업종사자수						
			2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
산업기관	일반산업체		5,144	5,083	5,136	5,123	5,472	5,456	6,352
	비파괴검사 NDT		4,282	4,976	5,323	5,726	5,900	6,075	6,792
	판매생산업체		862	959	1,116	1,172	1,284	1,573	1,563
공공기관*			493	531	604	638	665	1,068	1,136
의료기관			2,987	3,111	3,344	3,523	3,839	4,133	4,376
교육기관			4,372	4,451	4,645	4,617	4,931	4,954	4,816
연구기관			1,900	2,024	1,955	2,069	2,094	2,139	2,232
원자력발전소			10,154	11,366	10,855	14,118	13,538	14,758	15,023
계			22,046	23,142	24,131	24,877	26,195	40,156	42,290

* 공공기관에는 군사기관이 포함됨

8) 출처 : 한국동위원소협회, 2012년도 방사선이용통계, 2013.9

4. 위해요인 분석

가. 사고 사례 현황

2000년부터 2014년까지 최근 발생한 비발전 분야의 사고를 분석한 결과, 표 16와 같이 매년 사고가 발생하고 있었다. 사고의 종류는 그림4에서 알 수 있는 바와 같이 총 25건의 사고 중 분실사고가 11건으로 가장 많이 발생하였으며 그 다음으로는 피폭사고가 5건, 그 외 오염/도난/화재 등의 사고가 발생하였다. 대부분의 분실사고는 비파괴 작업자에서 선원을 분실하는 경우로 조사되었다. 이는 비파괴 작업을 마치고 작업장 정리를 하는 과정에서 선원의 관리가 부주의 한 경우가 대부분으로 조사되었으며 작업절차에 대한 확인 작업이 미비하여 발생한 일 들이 대분이었다. 표 18에서와 같이 2000년 11월 22일 발생한 ‘방사선 투과 검사용 선원에 의한 오염 및 피폭’ 은 피폭 및 오염이 함께 발생한 사고로 방사선원이 방사선조사기로 회수 되는 과정에서 작업절차를 무시하고 작업자의 경험만을 바탕으로 선원을 회수 하는 과정에서 밀봉선원이 파손돼 주변을 오염시킨 사고로 작업 전 후 선량측정에 대한 절차를 무시하고 작업자가 주변을 돌아다님으로써 주변의 상당한 오염을 확대시킨 사건이었다. 표 17에서 기관별 사고 발생 건수를 보면 의료 및 비파괴 각 1건, 산업체 19건, 연구기관 3건으로 산업체의 사고가 상대적으로 많았다.



Fig. 4. The Status of Accident.

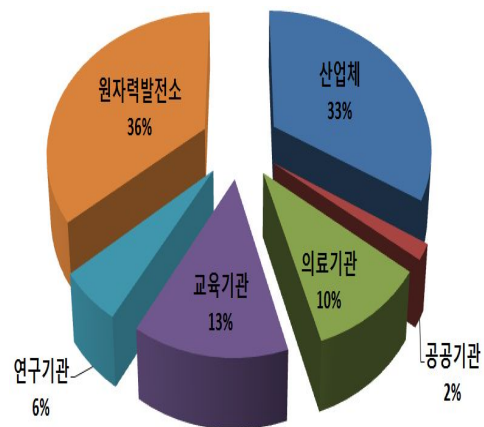


Fig. 5. The status of Radiation workers in 2010.

2010년 방사선이용통계를 살펴보면 국내 방사성동위원소 등의 연도별 인허가 기관은 2000년에 1,692기관에서 2010년에는 4,615 기관으로 약 2.7배 이상 증가하였다. 그림 5와 표 19에서와 같이 2010년 국내 방사선작업종사자 수는 총 37,723명이며 이 중 원자력발전소에서 근무하는 자 외의 비발전 분야에서 작업하는 작업자는 24,185명으로 전체 종사자중 약 64%를 차지하고 있으며, 산업체의 방사선작업종사자가 12,656명으로 원자력발전소 방사선작업종사자인 13,538명과 비슷하며 이 두기관의 방사선 작업자의 비율은 산업체가 33% 원자력발전소 종사자가 36%를 차지하고 있다.

또한, 각 분야별 종사자 수와 사고 발생빈도는 그림 17에서와 같이 방사선 작업종사자수가 많은 산업체가 다른 분야에 비해 사고건수가 월등히 많고 다음으로 의료 연구기관으로 작업종사자수와 사고의 건수가 비례하는 경향을 보였다.

Table 16. The status of affairs of accidents ⁹⁾

발생년도	사고발생건 수	
2010년, 2009년, 2006년	3건/년	9
2014년, 2008년, 2005년, 2004년 2003년, 2000년	2건/년	12
2013년, 2012년, 2007년, 2001년	1건/년	4
2002년, 2011년	0건/년	
계		25

Table 17. The accidents from each institution ¹⁰⁾

사고기관	사고발생 건 수	합계
의료기관	1건	25건
판매업체	1건	
비파괴	1건	
산업체	19건	
연구기관	3건	

9) 출처 : 사이버방사선안전정보센터, 방사선안전사고/사고정보조회, <http://rasis.kins.re.kr>,

10) 출처 : 사이버방사선안전정보센터, 방사선안전사고/사고정보조회, <http://rasis.kins.re.kr>,

Table 18. The accidents in 2000 from Non-Nuclear Power 11)

사고일시	사고분류	분류 사고명	사고 지역	사고기관
14. 9.12	오염	방사성동위원소 운반중 오염사건	대전	판매기관
14. 6.26	피폭	방사선비파괴 작업중사자 초과피폭	울산	비파괴
13. 8.19	분실	산업계 방사선원 유실사건	충남	산업기관
12. 8.31	분실	산업계 수분측정용 방사선원 분실	부산	산업기관
`10.12.15	분실	진료용 방사성동위원소 일시 분실 사건	서울	의료기관
`10.11.29	사고	방사성동위원소 사용시설 화재 사건	울산	산업기관
`10. 9.13	분실	방사선투과검사 조사기 분실 사건	인천	산업기관
`09. 7.24	사고	방사성동위원소 사용시설 화재	경기	산업기관
`09. 3. 3	피폭	방사선투과검사 작업자 과피폭	경남	산업기관
`09. 2. 6	분실	방사선투과검사 조사기 분실	광주	산업기관
`08.11. 4	피폭	비파괴조사기 선원 이탈 및 과피폭 사고	전남	산업기관
`08. 7.12	분실	비파괴조사기 분실	경북	산업기관
`07. 8.08	분실	한국원자력연구원 우라늄 분실 사건	대전	연구기관
`06.10.27	오염	한국석유화학.여수공장 오염사건	전남	산업기관
`06. 8.21	도난	비파괴조사기 분실	경기	산업기관
`06. 3.13	분실	방사선투과검사용 선원 분실	울산	산업기관
`05. 8.18	사고	연구로용 핵연료 가공시설 내부 감속 우라늄 분말형 집의 비정상 발화	대전	연구기관
`05. 6. 8	오염	방사성동위원소 생산시설에서 I-131 방출	대전	연구기관
`04.12. 6	도난	방사선원 도난사건	경기	산업기관
`04. 3.18	피폭	방사선원을 이용한 방사선직업중 과피폭 사고	경남	산업기관
`03. 3.05	분실	비파괴검사 장치유지감사용 선원 분실 사고	경기	산업기관
`03. 1.09	피폭	방사선원을 이용한 방사선직업중 과피폭 사고	경남	산업기관
`01. 6.09	분실	광양제철소 방사성동위원소 분실 사건	전남	산업기관
`00.11.22	피폭 및 오염	방사선투과 검사용 선원에 의한 오염 및 피폭	울산	산업기관
`00. 2.24	분실	방사선 투과 검사용 선원 분실	울산	산업기관

표 19에는 2010년 방사선작업종사자 수와 당해 년도 방사선 피폭선량을 나타낸 것으로 산업기관 중 비파괴 검사 전문 업체의 평균선량이 2.40 mSv로 가장 높고, 다음이 원자력발전소로 1.13 mSv이며, 의료기관이 0.99 mSv이다.

11) 출처 : 사이버방사선안전정보센터, 방사선안전사고/사고정보조회, <http://rasis.kins.re.kr>,

Table 19. Average effective dose & number of radiation workers in 2012

(Unit : Persons)

2012년	산업기관			공공 기관	의료 기관	교육 기관	연구 기관	원자력 발전소	합계
	일반 산업체	NDT 업체	판매 생산 업체						
종사자수 (명)	6,352	6,792	1,563	1,136	4,376	4,816	2,232	15,023	42,290
피폭 평균선량 (mSv)	4.54	3.44	0.85	0.57	0.87	0.04	0.03	0.73	1.38

표 20 및 그림 6에서와 같이 2006년부터 2012년까지의 기간에서 평균 선량은 일반산업체, 공공기관, 교육기관, 연구기관의 평균선량은 감소한 반면 비피피 검사 전문업체, 판매 생산 업체, 의료기관, 원자력발전소의 평균선량은 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

 Table 20. Average effective dose from 2006 to 2012 ¹²⁾

Unit : mSv

구 분	2006년	2007년	2008년	2009년	2010년	2011년	2012년
일반산업체	0.75	0.76	0.23	0.09	0.1	0.03	4.54
비피피검사전문업체	2.8	2.65	2.71	2.25	2.4	2.39	3.44
판매생산업체	0.83	0.89	1.2	0.43	0.74	0.53	0.85
공공기관	0.39	0.37	0.11	0.03	0.03	0.61	0.57
의료기관	1.06	1.22	1	0.97	0.99	0.96	0.87
교육기관	0.27	0.27	0.09	0.05	0.06	0.05	0.04
연구기관	0.3	0.25	0.08	0.05	0.07	0.05	0.03
원자력발전소	1.08	1.13	0.94	1.15	1.13	0.80	0.73

12) 출처 : 한국동위원소협회, 2012년도 방사선이용통계 86p, 2013.9

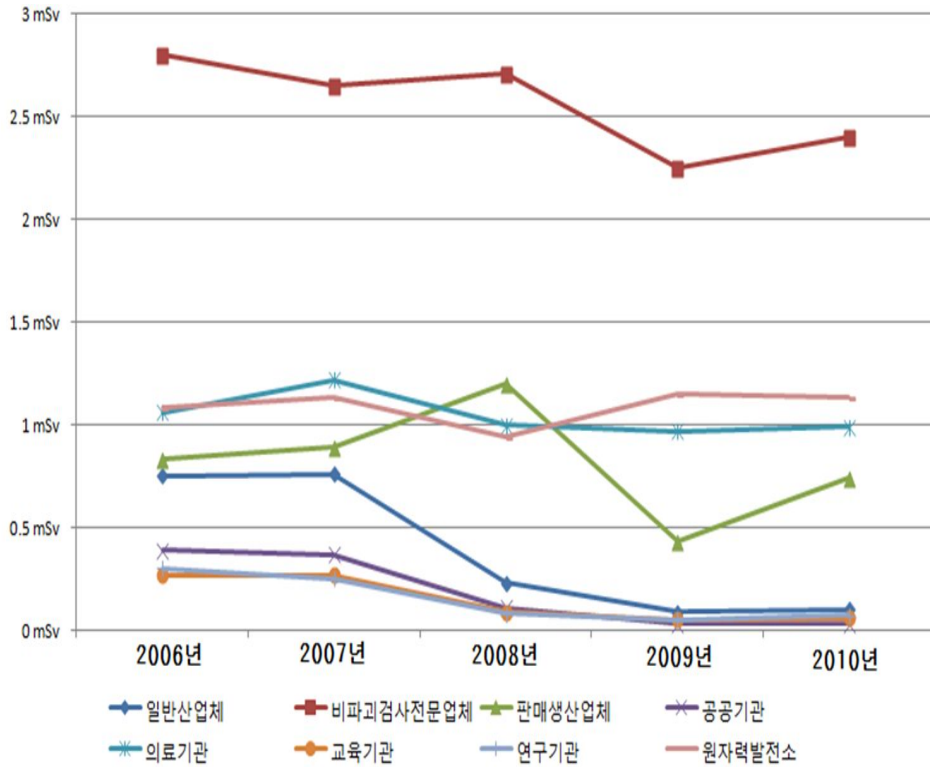


Fig. 6. Average Effective dose from 2006 to 2010.

나. 사고 사례 요인 분석

위와 같이 최근까지의 사고 사례 현황을 살펴보았으며, 사고 유형에 따른 실제 사례를 아래와 같이 기술하였다. 실제 사고 사례들을 살펴본 결과, 사고 유형에 따른 위해 요인들을 표 21과 같이 나타내었다. 이러한 실제 사례에서의 유해 요인들을 보면 관련 규정은 있으나 규정이 복잡하거나 업무흐름과 맞지 않게 구성돼 있기 때문에 효율적인 안전관리에 저해되는 요소가 많다.

○ 분실 사례

사 고 명 진료용 방사성동위원소 일시 분실사건

사고일시 2010.12.15

사고기관 고***** 의과대학 부속병원

사건개요 ○ 발생일시 : 2010. 12. 15(월) 오후 15:00 경
 ○ 발생장소 : 동 병원 방사성동위원소 분배실(핵의학과 내)
 ○ 방사성동위원소 :
 ^{131}I : 16 mCi(592 MBq) x 1. 2 mCi(74 MBq) x 2

사건내용

- 2010년 12월 13일 08:30분 경 진단/치료에 사용되는 방사성동위원소를 넣은 운반 종이 상자를 판매회사로부터 인수받아 저장 시설에 저장하지 않고 분배실 일반 병원성폐기물을 수집하는 종이상자 옆에 보관하였음
- 15:00분 경 환자에게 경구에 투여하기 위해 분배실에 보관해 두었던 방사성동위원소를 가지러 갔으나 보관했던 상자가 없어서 유실된 것을 인지하였음
- 동 병원 미화원이 분배실에 있는 일반병원성폐기물을 수거하면서 방사성동위원소가 들어있는 종이상자도 일반폐기물로 오인하여 반출된 것으로 파악.
- 동 병원의 일반병원성폐기물을 소각 처리하는 업체(경기도 용인 소재)에 직원 3명을 파견, 방사선측정기를 이용하여 분실되었던 방사성동위원소를 개봉되지 않은 원래 포장 그대로 발견하여 회수하였음

○도난 사례

사 고 명 비파괴 조사기 분실

사고일시 2006.08.21

사고기관 동***** (주)

사고장소 한국가스공사 평택 생산기지

사고내용

- '06.8.21(월) 20:00 동***** (주)는 한국가스공사 평택생산기지 내에서 작업자 2인이 야간 비파괴검사 작업준비
- 21시경 비파괴 작업준비 중이던 작업자 1인이 갑자기 호흡곤란으로 쓰러져 비파괴검사 준비 작업을 중지하고 방사선조사기를 운반차량의 운반함에 적재하고
- 인근 의원(포***의원)으로 이동하였으나 의원 문이 닫혀있어 포***의원 건물 앞에서 119에 긴급히 구급신고
- 차량은 포***의원 앞에 주차시킨 채 119 구급차량을 이용하여 안중 성***병원으로 환자 후송
- 21일 23시 40분경 환자를 입원시킨 후 포***의원으로 돌아와 차량이 도난 됨을 확인함
- 8.22 00:00 경 **파출소에 차량도난 신고하고 차량을 수배하였으나 찾지 못함
 - 08:30 차량 절도자가 차량 위치에 대한 금품요구 제보 확인 (유선으로 방사선안전관리자에게 통보)
 - 10:05 도난차량 확인(포***의원에서 약3 km 정도에 위치하고 있는 주택가 공터)
 - 10:30 안전기술원 현장파견단 현장 도착, 차량 및 주변선량 평가
 - 11:00 경찰 지문 감식 종료
 - 11:00 방사선조사기 회수 확인
 - 12:00 방사선원 건전성 확인
 - 14:00 작업환경 검토 및 작업자 피폭여부 확인

○ 피폭 사례

사 고 명 방사선투과검사 작업자 초과피폭
사고일시 2009.03.03
사고기관 (주)아**
사고장소 경상남도 진주시 이반성면 감성리
사고내용

- (주)아**는 보유하고 있던 원격조작장치(방사성동위원소 인출용)가 수명에 도달하여 사용이 불가능함에 따라 지난 '09.03.02 부터 현장에 있는 다른 비파괴검사업체인 세***** (주)의 원격조작 장치를 임의로 가져와 사용하고 있었음(원격조작장치는 제작사에서 권고하는 조작방식(조작방향)과 반대로 체결돼 사용됨)
- 방사선작업자는 실외작업장에서 작업을 마칠 때까지는 원격조작 장치의 조작 방향이 반대로 되어 있는 것을 제대로 인지하여 정상적으로 작업을 수행하였으나
- 작업완료 후 선원을 회수하지 않은 채 다른 작업위치로 이동하였으며 이후 작업할 때부터 원격조작장치의 조작 방향을 혼동하여 방사성동위원소가 인출된 상황에서 작업을 수행하여 초과피폭 되었음
- 피폭자는 작업 중 방사선경보기의 배터리를 제거하고 방사선측정기를 휴대하지 않아 방사성동위원소의 비정상 인출을 인지하지 못하고 있다가 다른 작업자가 착용한 방사선경보기의 경보에 의하여 확인되었음

○ 사고(화재) 사례

사 고 명 방사성동위원소 사용시설 화재
 사고일시 2009.07.24
 사고기관 주)대명티엠에스
 사고내용

- 사건 개요
 - 일 시 : 2009. 7. 24(금) 오전 1:30분경
 - 발생장소 : (주)대***** 스텐래스 압연공장
 - 방사선원
 - 밀봉선원 ^{241}Am (1000 mCi)이 내장된 두께계이지
- 사건내용
 - 동 사업소는 스텐래스 두께측정 목적으로 밀봉된 방사성동위원소(^{241}Am , 1000 mCi)가 내장된 방사선기기 4대를 사용하고 있으며 생산 공정은 24시간 가동으로 화재발생 당시 방사선기기는 작동 중이었음
 - 작업자는 공장 내 화재발생을 인지하고 기기 주변에 있는 비상정지버튼(E-Stop)을 눌러 가동을 중단시킨 후 대피하였음
 - 방사선기기 운영 담당자가 오전에 출근하여 안전관리자(업무대행업체)와 화재 피해상황을 파악한 후 한국원자력안전기술원에 보고함
- 사건현장 초동조치
 - 09.7.24.(금) 12:05 한국원자력안전기술원은 사건 인근의 해당 권역인 인천/경기서부 권역 U-REST를 30분 만에 현장에 도착시켜 초동조치를 취하였음
 - 현장 파견된 U-REST가 측정한 방사선량률, 육안 검사 등을 토대로 상황을 판단한 결과 방사선기기에는 이상이 없었음
- 방사성동위원소 건전성 확인
 - KINS 대응 요원 현장 도착 후 방사선이 방출되는 지점 인근에서 문지름 테스트(Smear Test) 수행결과, 방사선원의 밀봉성이 건전하게 유지되고 있음을 확인하였음
- 예상피폭선량 평가
 - 방사선원이 내장돼 있는 C-Frame 상단 측면에서의 방사선량률을 측정한 결과 표면으로부터 7 cm 지점에서 최대 $2.7 \mu\text{Sv/h}$ 수준으로 확인되었음
 - 상기사항을 고려할 때, 화재진압 당시 소방요원 및 현장 수습 인원의 방사선 피폭은 없는 것으로 판단됨

○ 오염 사례

사 고 명 한화석유화학-여수공장 오염사건

사고일시 2006.10.27

사고기관 한***** (주)-여수공장

사고내용

- 사건발생 : 06.10.27(금) 한***** (주)-여수공장에서 사용 중인 레벨 측정용 방사성동위원소(^{137}Cs :10 mCi x 1)를 교체 작업 중 방사성동위원소를 감싸고 있는 튜브의 손상으로 인하여 방사선관리구역 내에서 오염사건이 발생
 - 작업 장소 : 한***** (주)-여수공장 L-31V04A
 - 방사선작업 내용 : 레벨 측정용 방사성동위원소
 - 방사성동위원소 : ^{137}Cs : 10 mCi
- 사건원인 : 고온(225~235°C), 고압(290~310 kg/cm³)의 운전 조건에서 장시간 사용으로 인하여 물리적인 힘에 의해서 튜브의 손상(휨)이 발생된 것으로 판단됨

Table 21. Risk analysis of the type of accident

사고 분류	위 해 요 인	대 책
분실	<ul style="list-style-type: none"> □ 방사성동위원소 취급에 관한 규정 미 준수 □ 방사선안전관리규정 미 준수 □ 선원관리 소홀 □ 부주의 □ 변경신고 내용과 다른 작업 □ 작업자 간 업무 분장 미흡 □ 사후 조치 미비 및 늦은 분실 신고 	<ul style="list-style-type: none"> □ CCTV 등 설치 □ 출입관리 시스템 보완 □ 물품반출입 관리 절차
	<ul style="list-style-type: none"> □ 선원관리 소홀 □ 부주의 	
도난	<ul style="list-style-type: none"> □ 교육훈련 부족 □ 방사선안전관리자의 적절한 작업시지 (교육) 미 실시 □ 방사선안전관리규정 미 준수 □ 작업수칙 미 준수 □ 부주의 	<ul style="list-style-type: none"> □ 소수의 방사선안전관리자를 위한 관리시스템 적용 필요 □ 교육훈련 절차 보완
오염	<ul style="list-style-type: none"> □ 부주의 □ 방사선안전관리규정 미 준수 □ 장비 점검 소홀 	<ul style="list-style-type: none"> □ 작업절차
사고 (화재포함)	<ul style="list-style-type: none"> □ 화재 	<ul style="list-style-type: none"> □ 비정상상태 절차 미비

이와 같이 각종 사고에 대한 사고를 분석하여 표 21에 표기하였다. 대부분의 사고는 방사선원의 관리부주위로 인한 선원분실사고이며 이는 작업절차 및 규정을 미 준수하여 일어난 경우가 대부분이었다. 이러한 이유는 방사선 작업절차가 형식적으로 작성돼 실제 작업장의 내용과 맞지 않아 절차를 준수하지 않는 경우이거나 작업절차를 무시하는 안전 불감증에 따른 행동으로 볼 수 있다. 따라서 절차는 작업장에서 이루어지는 실제 행위를 고려해서 절차를 구성해야만 한다.

5. 방사선안전관리 운영조직 및 위해 요인 분석 결과

산업 구조의 고도화가 진행될수록 방사성동위원소 등의 관련 산업의 비중은 빠른 증가 추세를 보이고 있다. 특히, 최근 5년간 방사성동위원소 등의 허가기관은 매년 10%, 방사선작업종사자는 매년 4%를 상회하는 증가추세를 보이고 있다. 하지만, 이를 관리하기 위한 방사선안전관리 조직을 분석한 결과 다음과 같은 현실적인 문제점을 가지고 있다.

첫째, 교육기관 및 연구기관에 선임된 방사선안전관리자는 선임된 1인당 관리하는 방사선작업종사자수가 평균 47명과 31.3명으로 다른 업종보다 상대적으로 많은 인원을 관리함을 알 수 있고, 의료기관은 방사선안전관리자로 2인이 선임되지만 이중 방사성동위원소취급자특수면허 소지자는 대부분 전문 의료인의 경우가 많으므로 특수면허를 제외하게 되면 방사선안전관리자로 선임된 1인당 평균 20.1명을 관리하게 된다. 둘째, 방사성동위원소 등의 사용허가 기관 및 방사선이용시설은 매년 증가 추세를 보이지만 이를 관리할 수 있는 방사선안전관리자 등의 전문 인력이 부족하다. 셋째, 방사선이용시설을 사용하는 기관들은 자체 안전관리규정을 가지고 있으나 방사선안전관리의 업무 분석을 통한 세부 절차서 등을 갖추지 않는 허가기관들이 많다. 넷째, 방사선안전관리 조직 및 직무에 대한 법적근거가 미약하여 현실적으로 방사선안전관리의 충분한 예산지원 및 업무 추진에 대해 어려움이 존재한다.

이와 같은 문제점은 향후 선진국 진입에 따른 대국민 방사선안전관리에 대한 관심도 증가에 대응하기 위해서 체계적인 방사선안전관리 절차와 최적화된 방사선안전관리시스템 구축이 필요하다고 하겠다. 최근까지의 사고 사례를 살펴보고 사고 유형 별 위해요소들을 분석한 결과 분실, 도난, 피폭 사고의 발생 비율이 높음을 알 수 있다. 위해요인은 절차서가 준비돼 있지만 미비한 경우가 많으며 업무흐름이 명확하지 않은 것으로 나타났다.

본 연구를 통해 방사선이용시설의 출입관리 시스템 개선, 표준화된 절차서 구비, 업무절차에 대한 도표화 등의 성과를 활용 한다면 방사선이용시설의 안전 위해요소들을 저감할 수 있을 것이며 소수의 방사선안전관리자에게 관리의 효율성과 편리성을 제공할 수 있을 것으로 판단된다.

제2절 방호대상 및 방호요건분석

1. 개요

핵물질 또는 원자력이용시설과 같이 대형 시설들에 대해서는 안전하게 관리·운영하기 위하여 방사능재난 예방 및 물리적 방호체제를 수립하였다. 방사능재난이 발생한 경우 이를 효율적으로 대응하기 위하여 방사능재난 관리체제를 구축·운영하기 위한 “원자력시설 등의 방호 및 방사능방재 대책법”이 제정돼 시행되고 있다.

그러나 방사선 이용시설은 규정은 있으나 현실적인 지원조직과 예산이 부족하며 또한 방사선방호는 이익을 창출한다는 생각보다는 소모적 개념이 강해 실질적 투자가 미흡하다. 더불어 대부분의 기관은 시설·인원이 증가하여도 1~2명의 방사선안전관리자로 다수의 방사선작업자와 시설에 대해 방사선안전 및 방호를 수행하고 있는 실정이다. 이를 극복하고자 기존에 많은 절차서 및 가이드북이 만들어져 왔으나 문제점 또는 사고가 발생되었고 이를 보완하고자 절차서에 새로운 사항이 추가 되었다. 그러나 추가·개정된 절차는 업무의 효율성 보다는 업무량의 불필요한 증가 원인이 되었다. 이에 방사선장해방호업무 대한 분석을 통하여 방호 요건을 분석하고자 한다.

2. 방호요건분석

가. 방호대상분류

방사선방호측면에서 과거에는 사람을 중심으로 선원을 관리 했으나 최근 동향은 선원을 중심으로 선량제약치, 위험제약치 등 선원중심으로 관리되고 있다. 따라서 방호측면에서 업무중심으로 방호 대상을 분류하고 개별 업무 분석을 통해 각 업무흐름을 선원, 인력, 시설 및 기타로 크게 구분하여 분석하였다.

나. 방호요건

상기에 분류된 방호대상인 선원, 인력, 시설 및 기타에 대한 개별요건을 사용을 중심으로 사용 전, 후의 시간적 흐름에 따라 분류 하여 업무분석을 실시하였다. 그 결과 총 18개의 단위 요건이 도출되었고 각 개별 도출요건을 방호대상과 요건의 시간 흐름별 분류를 통하여 표 22에 완성되었다.

Table 22. Classification for the flow of business

구분	Step I (전)	Step II (중)	Step III (후)
선원	<ul style="list-style-type: none"> ■ 구매 ■ 수입 및 통관 ■ 운반 및 설치 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 선원 이력 관리 ■ 건전성 유지 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 선원 폐기
인력	<ul style="list-style-type: none"> ■ 방사선작업종사자 등록 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 장애방지 ■ 출입관리 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 퇴직 및 전출
시설	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시운전 및 사용전 점검 ■ 시설검사 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 시설 운영 관리 ■ 사고대응 조치 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 폐지절차
기타	<ul style="list-style-type: none"> ■ 보고 ■ 기록 ■ 행정 		

1) 선원중심 업무 흐름에서 방호

선원을 구매하여 사용하기 위해서 필요한 인허가와 신청에서부터 자체 혹은 위탁폐기로 마무리되는 시간흐름에 따라 분석을 하였다. 대부분 방사선원의 사용이 결정된 이후 방사선안전관리자가 배제된 상태에서 구매 절차가 진행됨으로 인하여 수입·통관절차와 운반 시 많은 문제가 발생되고 있다. 소량의 방사성물질 등을 사용할 경우 안전관리업무가 쉬운 편에 속하지만 관리대상 선원의 수량증가나 종류의 다양화에 따라 방사선관리 업무가 복잡하게 된다[26].

선원 이력 기록이 선원항 별로 체계적으로 관리되어야 하며 주기적인 선원 재고 관리(취득, 사용, 저장, 보관 및 양도·양수)를 통한 이력관리가 철저히 되어야 한다. 또한 선원의 설치 후 사용에 대한 건전성뿐만 아니라, 온·습도 등 환경적 영향을 통한 건전성 확보도 필요하다. 방사성동위원소 등에 따른 종류와 농도의 형태에 따라 자체 혹은 위탁폐기로 구분을 통해 각각의 절차를 통해 선원의 사용이 끝나게 된다[27].

가) Step I (사용 전)

(1) 구매

- 선원에 대한 사용허가 관련 사항[허가량, 핵종 등] 확인·검토
- 선원사용에 대한 시설의 안전성 확보 검토

(2) 수입 및 통관

- 판매자 및 구매자의 필요요건 확인¹³⁾

(3) 운반 및 설치

- 운송물내용에 따른 운반용기선택
- 운반시 긴급 상황 대처
- 운반종사자 피폭관리

나) Step II (사용 중)

(1) 선원이력관리

- 사용요건별(산업체, 교육, 연구, 의료), 선원별(알파, 베타, 감마, 중성자), 형태별(밀봉 방사성동위원소, 비밀봉 방사성동위원소, 방사선 발생장치) 상이하므로 각 요건별 정확한 구분 취급

(2) 건전성 유지

- 누설검사
 - 작업 시 피폭관리 및 취급 주의
- 오염검사
 - 오염 전이방지 및 피폭관리

다) Step III (사용 후)

(1) 폐지절차

- 폐기사항 및 폐기물 종류확인
- 공중에 대한 장해방지

13) 방사성동위원소 판매자의 준수 규정 고시 제2014-45호

2) 인력중심 업무흐름에서 방호요인

인력은 종사 전 사전조치사항과 퇴사 또는 전출 등으로 인한 신분 변화 시 작업종사자 관리에 대해 시간흐름에 따라 분석을 하였다. 방사선작업종사자가 되고자 하면 법적 요건인 교육훈련과 건강검진을 통해서 종사자로 등록할 수 있다.

종사자에 대한 관리측면은 방사선사용시설에 대한 출입관리측면에서 시작하게 된다. 시설에 출입하여 방사선 작업을 하고자 할 때는 방사선안전관리자의 출입 및 작업 승인 후 작업에 종사할 수 있다[27].

방사선작업종사자의 방사선장해방지를 위해 체류시간 최소화와 재작업의 최소화, 작업시간의 단축 등 방법을 통한 피폭선량 저감화 방안을 마련해야 한다.

이러한 피폭선량 저감화에는 방사선방호 관점에서는 작업자의 선량을 최소화 하는 안전관리자의 목표가 될 수 있다. 하지만, 방사선작업종사자가 작업에 종사함에 있어 실제작업에 대한 관리감독이 이루어지지 않는다. 이는 피폭선량의 증가로 이루어질 수 있으며 사고의 발생을 증가시킬 수도 있다[28].

해당 기관에서의 퇴사나 방사선작업종사자로서 종료를 하게 되면 해당 기록에 대한 보존과 기록의 이전을 해주어야 한다.

가) Step I (종사 전)

(1) 방사선작업종사자 등록

- 기존 및 신규종사자 구분하여 필요한 법정 교육
- 원자력이용시설의 취급제한 확인
- 교육내용 선택 및 평가를 통한 안전성확보
- 종사내역 구분(방사선작업종사자, 수시출입자, 일반인)
- 건강진단

나) Step II (종사 중)

(1) 장해방지

- 방사선장해방지조치
 - ALARA
 - 목표관리 선량한도 설정
 - 경계권고 및 제한권고 피폭선량 기준 마련

- 관독 특이자
 - 장애방어조치
 - 업무상 질병 인정범위

(2) 출입관리

- 관리구역 내 준수사항
 - 관리구역 내 준수사항
- 사용시설의 출입
 - 출입 시 준수사항
 - 퇴실 시 준수사항
 - 방호용품 착용

다) Step III (종사 후)

- (1) 퇴직 및 전출
- 기록 이전 및 증명

3) 시설중심에서 업무흐름에서 방호요인

시설을 사용하기 위해서 시설을 설계하고 규제기관으로 승인을 받아야 하며 이후 안전하게 사용하고 추후 사업의 폐지에 이르는 일련의 절차를 분석하였다. 방사선이용시설을 설치하고 운영하고자 하면 규제기관으로부터 승인을 득한 후 시설검사를 통과한 후 시설을 사용해야 하며, 기본적인 방호대책이 마련돼 있어야 한다. 정상적인 시설운영관리를 위하여 정확한 방사선 측정 장비 사용법을 습득해야 하며 교정주기를 준수해야 한다[29]. 대규모 부지의 기관의 경우 방사선 관리구역이 곳곳에 산재돼 소규모 안전관리 인원으로서는 안전관리 업무 수행에 문제점이 될 수 있다. 시설 운영 중 사건, 사고 등 비정상상태에 대한 대응할 수 있도록 절차 및 훈련이 되어 있어야 한다[30]. 이 경우 전산망 혹은 IT기술을 이용한 관리를 통해 시설의 안전성을 높일 수 있을 것이다. 이후 시설이나 사업체를 폐지 시 보유선원을 안전하게 처리하는 방안과 기록을 양도하는 방안이 마련함으로써 시설에 대한 안전한 사용이 된다.

가) Step I (사용 전)

- (1) 시운전 및 사용 전 점검

- 시운전시 주의사항
 - 시설 사용 전 점검
- (2) 시설검사 등
- 행정절차 및 주의사항

나) Step II (사용 중)

- (1) 시설 운영 관리
- 방사선(능) 측정 장비의 개요
 - 정확한 측정법 습득
 - 교정주기준수
 - 시설에 맞는 측정장비 사용
 - 오염측정 및 제거
 - 오염종류에 따른 계측기 선정
 - 작업에 따른 장해방어
 - 제거 방법의 설정
 - 환경
- (2) 사고대응 조치
- 대응조치 표준절차 마련
 - 긴급 작업 시 선량한도

다) Step III (사용 후)

- (1) 폐지절차
- 선원 양도양수
 - 각종 기록의 이전
- 4) 기타 업무흐름에서 방호요인
- (1) 보고
 - (2) 기록
 - (3) 행정

3. 원자력안전법 및 관계법 분석

원자력안전법은 원자력안전위원회 출범에 따라 2011년 7월 25일 제정돼 2011년 10월 26일 시행되었다. 원자력안전위원회는 원자력의 생산과 이용에 따른 방사선재해로부터 국민을 보호하고, 공공의 안전과 환경보전에 이바지함을 목적으로 하고 있으며, 대통령 직속기관으로 정부조직법에 따라 중앙행정기관으로 독립성과 공정성을 유지하고, 원자력의 연구·개발·생산·이용에 따른 안전관리에 필요한 대책을 마련 이행하는 기관으로 출범하였다[31].

원자력안전위원회의 소관법령 및 기술기준 체계는 그림 7과 같다. 법률은 “원자력안전법”, 대통령령은 “원자력안전법 시행령”, 원자력안전위원회 규칙은 “원자력안전법 시행규칙”, “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”, “원자력안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙” 그리고 원자력안전위원회 고시 등으로 분류할 수 있다.

가. 원자력안전법 및 관계법 항목과 주요 내용

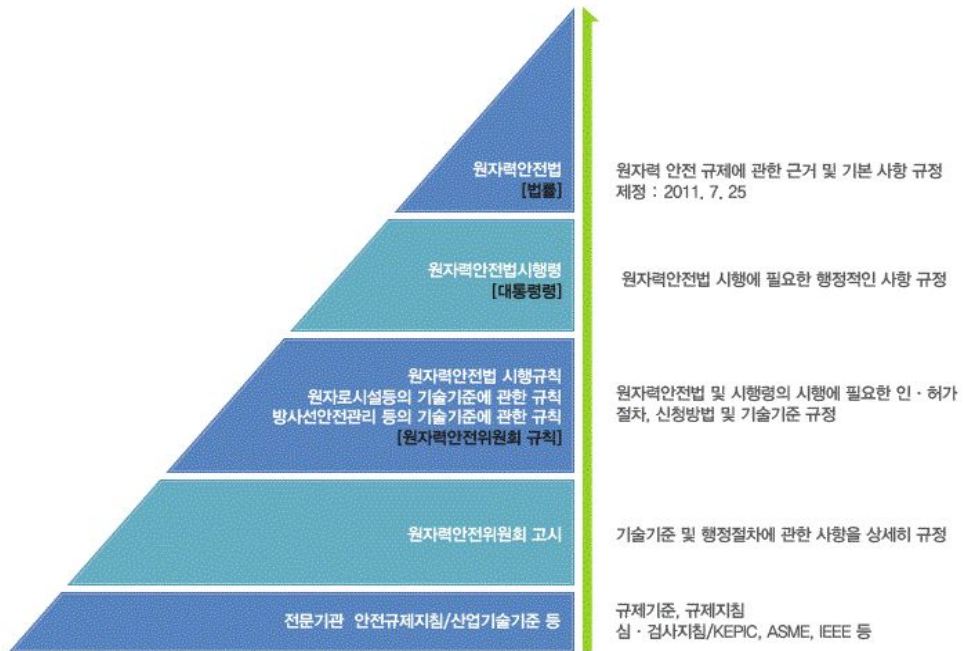
법령에는 “원자력안전위원회 설치 및 운영에 관한 법률”, “원자력안전법”, “원자력시설 등의 방호 및 방사능 방재 대책법”, “원자력손해 배상법”, “원자력 손해 배상계약에 관한 법률”, “한국원자력안전기술원법”, “생활주변 방사선안전관리법”이 있으며, 본 연구와 관련해서는 원자력의 연구·개발·생산·이용에 따른 원자력안전 규제가 명기된 “원자력안전법”을 분석하였다.

기술기준 규칙은 “원자로시설 등의 기술기준에 관한 규칙”, “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”이 있으며, 본 연구에서는 비 발전분야에서의 방사선으로 인한 장애의 방지를 위해 필요한 방사선안전관리 기술기준에 관한 사항을 명기한 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”을 분석하였다[32].

원자력안전법 관련 고시현황¹⁴⁾으로는 발전용, 연구용 원자로 등에 적용되는 “원자로” 기술 분야 고시 27건, 방사성동위원소, 방사선발생장치사용허가 등에 적용되는 “방사선” 기술 분야 고시 16건, 폐기물시설, 포장 및 운반 등에 적용되는 “폐기물” 기술 분야 고시 18건, 관독업무자의 등록 및 취소, 피폭관리 등에 적용되는 “선량” 기술 분야 고시 4건, 면허시험, 교육훈련 등에 적용되는 “면허” 기술 분야 고시 3건, 계

14) 2014년 12월 12일 현재 원자력안전위원회 “고시현황”

량관리 등에 적용되는 “규제” 기술 분야 고시 4건, 그리고 권한의 위탁 등에 적용되는 “보칙” 기술 분야 고시 3건으로 구성돼 있으며, 고시 중에서 본 연구와 관련된 고시만을 발췌하여 분석하였다[32,33,34,35,36,37,38,39,40,41].



- ※ 규제기준 : 기술기준의 해석 또는 세부사항을 규정
- ※ 규제지침 : 기술기준의 충족을 위해 허용가능한 방법, 조건, 사양등을 규정
- ※ 심·검사 지침서 등 : 기술기준 및 규제기준 등에 근거하여 업무별 세부 수행 방법 및 절차를 기술한 지침서

Fig. 7. Governing legislation & technical standards for radiation safety control.

나. 안전관리규정 작성지침 분석

원자력안전위원회 고시 “안전관리규정 작성지침” 을 분석함으로써 안전관리규정에서 절차화할 수 있는 항목을 분류하고, 허가 종류별로 절차서로 개발할 수 있는 내용이 있는지를 분석하였다.

안전관리규정은 원자력안전법 시행규칙 제58조 제5항에 따라 안전관리규정 작성에 관한 사항에 대해 규정함을 목적으로 하고 있으며, 방사성동위원소 및 방사선발생장치

의 생산·사용·이동·사용 · 판매허가신청 시 허가신청자가 안전관리규정 작성에 적용하도록 되어있다.

방사선안전보고서와의 연관성은 “안전관리규정 내용 중 방사선안전보고서와 유사한 항목은 방사선안전보고서에 기술된 내용과 일치하도록 작성하여야 한다.” 라고 명기되어 있다. 안전관리규정 작성지침 대해 원자력안전위원회 고시 “안전관리규정 작성지침” [별표]에 자세히 제시되어 있는데 총 14항목에 대해 절차화할 수 있는 항목을 분석하였다.

1) 방사성동위원소 등 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질을 취급하는 조직 및 그 기능에 관한 사항 :

- 조직도 및 직무에 대한 사항을 작성하도록 되어있으며 조직도는 대표자를 정점으로 안전관리업무를 수행하는 조직을 조직도의 형태로 도시하도록 되어 있다.
- 직무는 방사선이용시설과 관련된 조직의 직위에 따른 직무를 기술하도록 되어있으며, 조직도에서 도시된 안전관리업무를 수행하는 조직과 일치하여야 한다.

2) 방사성동위원소 등의 구매·사용 및 판매에 관한 사항 :

- 고시의 방사선원인 방사성동위원소 또는 방사선발생장치의 튜브와 같이 방사선을 발생시키는 선원을 구매하고자 하는 경우에는 구매, 인수, 인계, 저장 절차를 기술하여 동위원소의 구매에서 저장까지의 추적관리 및 올바른 취급이 이루어질 수 있도록 하고 있다.
- 방사선원 구매요구서를 통해 구매된 방사선원의 수량을 관리함으로써 방사선원 구매 후 사용 및 처분까지 구매된 방사선원의 추적관리가 이뤄 질 수 있도록 절차화되어야 하며, 기관이 허가받은 허가량을 초과하지 않아야 한다.
- 방사선원의 사용은 방사선원 구매 후 발생하는 반입, 반출, 인수, 인계 및 승인사항에 대해 절차화되어야 하며 이러한 절차가 없는 경우 동위원소의 분실 및 도난의 위험이 존재할 수 있다.
- 방사선원을 사용할 때 준수하여야 하는 기술기준은 방사선작업종사자

의 방사선피폭 최소화, 방사선장해방지, 방사선관리구역 오염, 방사성 물질의 배출, 방사성동위원소 등의 이동 및 저장 등에 대한 기술기준을 명기하여야 한다.

- 밀봉선원에 대해서는 선원의 누설점검 방법 및 절차에 대해 기술하도록 되었으며, 고시 “방사선원의 누설점검에 관한 기술기준” 별표1 ~ 별표3에 누설점검 방법 3가지에 대해 명기되어 있으며 3가지 방법은 “문지름시험”, “건조 문지름시험”, “가열 및 침수시험”으로 구분되어 있고, 밀봉선원 중 제외되는 방사선원에 대해 “가”호 ~ “다”호까지 명기되어 있으며 확보 서류 중 1호의 서류가 “누설점검의 절차서”이다.
- 누설점검 대상이상의 밀봉방사성동위원소 허가사용자는 고시 “방사선원의 누설점검에 관한 기술기준”에 명기된 내용을 바탕으로 누설점검 절차서를 개발 보유해야 함을 알 수 있다.
- 방사성동위원소 등의 판매의 경우 고시 “방사성동위원소 판매자의 준수규정” 및 고시 “방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정”에 근거하여 기술기준과 사후관리 내용 및 방법에 대해 기술하도록 하고 있다.
- 방사성동위원소 생산의 경우 생산단계마다의 관리절차를 기술함으로써 생산 시 중요시 되는 방사선안전관리에 대해 기술하여야 한다.

3) 방사성동위원소 또는 방사성동위원소에 의하여 오염된 물질의 분배·보관·운반·처리·배출·저장·자체처분 및 인도에 관한 사항 :

- 분배·보관·운반·처리·배출·저장·자체처분 및 인도에 대한 취급 및 승인절차는 방사선안전관리업무 수행 조직도에 도시된 조직에 의해 취급되고 승인되도록 작성되어야 한다.
- 분배·보관·운반·처리·배출·저장·자체처분 및 인도에 대한 취급기준은 공고 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”의 “방사성동위원소 및 방사선취급장치의 취급기준”을 참조하여 작성되어야 하며, “방사성동위원소 및 방사선취급장치의 취급기준”에는 비밀봉선원, 밀봉선원 및 방사선발생장치에 대한 취급기준이 명기되어 있으며, 비

밀봉선원의 경우 적용분야, 생산, 사용 및 분배, 저장, 운반, 보관·처리 및 배출로 나누어져 있다.

- 자체처분에 대한 사항은 고시 “방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정”에 잘 기술되어 있으며, “방사성폐기물 자체처분 절차서 표준안”이 방사성동위원소를 사용하는 병원에 대한 예시로 작성되어 있다.

4) 방사선량률·피폭방사선량 및 방사성물질 또는 그에 의하여 오염된 물질에 따른 오염상황의 측정 및 그 측정결과의 기록과 보존에 관한 사항 :

- 방사선량률, 방사능오염, 피폭방사선량에 대한 사항은 원자력안전법 시행령 제131조에 “방사선장해의 우려가 있는 장소에 대한 방사선량률 및 방사성물질 등에 의한 오염현황을 측정해야 한다.”라고 명기되어 있으며, 원자력안전법 시행규칙 제120조(측정장소)의 ①항은 시설이나 장소를 기준으로 명기되어 있으며, ②항은 사람을 기준으로 명기되어 있다[42].
- 그리고 원자력안전법 시행규칙 제145조(기록과 비치)에 기록·비치에 대한 사항은[별표7] “기록·비치 할 사항”은 “1. 발전용원자로의 건설허가를 받은 자 및 연구용원자로 등의 건설·운영허가를 받은 자”부터 “12. 업무대행자”까지 기록사항, 기록시기 및 보존기간을 표에 나타내고 있으며, 본연구와 직접적으로 관련된 사항은 “8. 방사성동위원소 등의 생산 및 사용자”과 “9. 방사성동위원소 등의 판매업자”이며, 세부 내용은 표 23. 방사성동위원소 등의 생산 및 사용자의 기록과 보존, 표 24. 방사성동위원소 등의 판매업자의 기록과 보존에 나타 내었으며, 주요내용은 “다. 방사선안전관리의 기록”의 (1) 방사성동위원소 등의 생산·사용·분배·저장 및 폐기시설의 방사선량률, (2) 밀봉방사성동위원소 또는 방사선발생장치로서 방사선차폐시설이 일정한 장소의 방사선량률, (3) 배기구 및 배수구에서의 방사성물질의 농도, (4) 방사선관리구역에서의 방사성물질로 오염된 물체의 표면오염도에 대해 기록시기와 보존기간이 명기되어 있다[43].

Table 23. Recording and keeping requirement for the producer and general user

기록사항	기록시기	보존기간
가. 방사성동위원소 등의 생산 또는 사용기록(생산 또는 사용일시·장소·방법·목적·종사자성명·종류 및 수량)	생산 또는 사용한 때마다	5년
나. 방사성동위원소 또는 방사성동위원소에 의한 오염물의 보관·처리·저장 및 배출기록(일시·장소·방법·종사자·성명·종류 및 수량)	보관·처리·저장 및 배출한 때마다	5년
다. 방사선안전관리의 기록		
(1) 방사성동위원소 등의 생산·사용·분배·저장 및 폐기시설의 방사선량률	측정한 때마다	5년
(2) 밀봉방사성동위원소 또는 방사선발생장치로서 방사선차폐시설이 일정한 장소의 방사선량률	측정한 때마다	10년
(3) 배기구 및 배수구에서의 방사성물질의 농도	배기 및 배수한 때마다	10년
(4) 방사선관리구역에서의 방사성물질로 오염된 물체의 표면오염도	작업한 때마다	10년
(5) 1월 1일, 4월 1일, 7월 1일, 10월 1일을 기준으로 한 각 3월간의 종사자의 피폭 방사선량	매분기 1회	사용을 폐지할 때까지
(6) 방사선작업종사자가 당해 업무에 종사하기 이전의 건강진단기록 및 방사선 피폭경력	방사선작업종사자가 당해 업무에 종사하기 시작한 때	사용을 폐지할 때까지
(7) 방사선작업종사자로 근무한 기간중의 건강진단기록	건강진단을 한 때마다	사용을 폐지할 때까지
(8) 자체처분한 방사성폐기물의 발생원·종류·수량·방사선량률·처분방법 및 처리일시	자체처분한 때마다	5년

Table 24. Recording and keeping requirement for seller

기록사항	기록시기	보존기간
가. 방사성동위원소 등의 구입 또는 판매기록 (일시·종류 및 수량)	구입 또는 판매한 때마다	5년
나. 방사성동위원소 또는 방사성동위원소에 의한 오염물의 보관·처리·저장 및 배출기록 (일시·장소·방법·종사자 성명·종류 및 수량)	보관·처리·저장 및 배출 한 때마다	5년
다. 방사선안전관리의 기록		
(1) 방사성동위원소 등의 분배·저장·보관· 처리 및 배출시설의 방사선량률	측정한 때마다	10년
(2) 밀봉방사성동위원소 저장시설의 방사선량률	측정한 때마다	10년
(3) 배기구 및 배수구에서의 방사성물질의 농도	배기 및 배수한 때마다	10년
(4) 방사선관리구역에서 방사성물질로 오염된 물체표면의 오염도	작업한 때마다	10년
(5) 1월 1일, 4월 1일, 7월 1일, 10월 1일을 기준으로 한 각 3월간의 종사자의 피폭방사선량	매분기 1회	판매사업을 폐지할 때까지
(6) 방사선작업종사자가 당해 업무에 종사 하기 이전의 건강진단기록 및 방사선 피폭경력	방사선작업종사자가 당해 업 무에 종사하기 시작한 때	판매사업을 폐지할 때까지
(7) 방사선작업종사자로 근무한 기간중의 건강진단기록	건강진단을 한 때마다	판매사업을 폐지할 때까지
(8) 자체처분한 방사성폐기물의 발생원·종류· 수량·방사선량률·처분방법 및 처리일시	자체처분한 때마다	5년

- 5) 방사선안전관리장비의 보관·관리 및 교정에 관한 사항 :
- 방사선관리구역에서 사용되는 방사선안전관리장비의 보관이나 관리에 대한 방안 및 방사선(능) 측정기의 교정은 국가표준기본법 제14조(국가교정제도의 확립)에 의해 공인교정기관에서 교정을 받아야 한다 [44,45].
 - 방사선(능) 측정기의 교정대상 및 주기는 국가교정기관지정제도 운영요령 제41조(교정대상 및 주기)에서 교정대상 및 주기에 대한 자체규정 또는 기술표준원장의 고시하는 교정주기를 명기해야 있으며, 기술표준원 고시 “교정대상 및 주기설정을 위한 지침” [별표 1] “교정기관 인정분야 분류표” 에서 대분류 “전리방사선” 에 해당되며, [별표 3] “측정기의 교정대상 및 주기 ” , “8. 전리방사선 (Ionizing Radiation)” 에 자세히 명기되어 있다. 세부 내용은 표 25. 전리방사선 교정대상 및 주기에 나타내었다.

Table 25. The period & object for calibration

801. 방사선 (Dosimetry)

[단위 : 개월]

분류번호	소분류명	교정용표준기	정밀계기
80101	감마선원 선량률 측정 (Air kerma strength)	수 시	수 시
80102	개인 피폭선량계 (Personal dosimeters)	-	6
80103	엑스/감마 직독식 선량계 (X/Gamma pocket dosimeters)	-	6
80104	환경선량률 감시기 (Environmental monitors)	-	12
80105	전리함 선량계 (Ionization chambers)	12	12
80106	베타/전자 조사장치 (Beta/Electron irradiators)	12	-
80107	광자 조사장치 (Photon irradiators)	12	수 시
80108	베타 서베이미터 (Beta survey meters)	-	6
80109	엑스/감마 서베이미터 (X/Gamma survey meters)	-	6

802. 방사능 (Radioactivity)

분류 번호	소분류명	교정용 표준기	정밀 계기
80201	핵종 교정기 (Isotope calibrators)	12	12
80202	표면오염 감시기 (Contamination monitors)	-	6
80203	가이거물러 계수기 (Geiger Muller counters)	-	6
80204	개봉 알파선원 (Unsealed alpha sources)	수 시	수 시
80205	개봉 베타선원 (Unsealed beta sources)	수 시	수 시
80206	개봉 감마선원 (Unsealed gamma sources)	수 시	수 시
80207	밀봉 알파선원 (Sealed alpha sources)	수 시	수 시
80208	밀봉 베타선원 (Sealed beta sources)	수 시	수 시
80209	밀봉 감마선원 (Sealed gamma sources)	수 시	수 시
80210	비례 계수기 (Proportional counters)	12	6
80211	섬광 검출기 (Scintillation detectors)	12	6
80212	반도체 검출기 (Semiconductor detectors)	12	6

803. 중성자 (Neutron Measurements)

분류 번호	소분류명	교정용 표준기	정밀 계기
80301	중성자 선량계 (Neutron personal dosimeters)	-	6
80302	중성자 조사장치 (Neutron irradiators)	수 시	수 시
80303	중성자 선원 방출율 (Neutron emission rate)	수 시	수 시
80304	중성자 서베이미터 (Neutron survey meters)	12	6

6) 방사선작업종사자의 피폭방사선량의 평가 및 개인선량계의 관리에 관한 사항 :

- 피폭방사선량의 정의는 원자력안전법 제2조(정의)의 19항에 정의되어 있다. “피폭방사선량” (피폭방사선량)이란 사람의 신체의 외부 또는 내부에 피폭하는 방사선량을 말한다. 다만, 진료를 위하여 피폭하는 방사선량과 인위적으로 증가시키지 아니하는 자연방사선량은 제외한다.

다. 이 경우 방사선량의 종류 및 적용기준은 원자력안전위원회가 정하여 고시한다. 또한 원자력안전법 시행령 제133조(피폭관리)에서 방사선작업종사자, 수시출입자 및 운반종사자 그리고 일반인에 대해 개인피폭선량이 선량한도를 초과하지 아니하도록 위원회규칙으로 정하는 바에 따라 피폭선량 평가 및 피폭관리를 하여야 한다. 라고 명기되어 있으며, 표 2에서와 같이 선량한도에 대한 세부 내용이 명기되어 있다.

- 피폭방사선량의 평가 및 관리와 관련해서는 “개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정” 고시에 방사선작업종사자가 착용할 수 있는 선량계의 종류 및 교체주기 등이 명기되어 있으며, 선량계의 착용 및 판독특이자에 대한 내용이 자세히 명기되어 있다.

7) 방사선작업종사자 또는 수시출입자의 방사선장해발생을 방지하기 위하여 필요한 교육훈련에 관한 사항 :

- 원자력안전법 제106조(교육훈련) ①항에 원자력관계사업자는 방사선작업종사자와 방사선 관리 구역에 출입하는 사람에게 원자력이용에 따르는 안전성 확보 및 방사선장해방지에 필요한 교육 및 훈련을 실시하여야 한다. 라고 명기되어 있으며, 원자력안전법 시행령 제148조(방사선작업종사자 등의 교육훈련)을 근거로 교육은 기본교육과 직장교육으로 구분하여 실시하고, 원자력안전법 시행규칙 제138조(교육 및 훈련의 실시)에 교육시켜야할 내용이 명기되어 있는데 기본교육과목으로 “1. 원자력시설 이용에 따른 안전관리”, “2. 방사성물질 등의 취급”, “3. 방사선장해방어”, “4. 방사선안전 관계법령”, “5. 그 밖에 필요한 경우에는 이용업체의 특성에 따른 교육”으로 구분되며, 직장교육 과목으로는 “이용업체의 방사선안전관리규정”, “이용업체의 방사선원 및 방사선장비의 특성”, 및 “그 밖에 이용업체의 특성에 따른 교육”으로 되어 있다.

8) 방사선장해발생 여부를 발견하기 위하여 필요한 조치에 관한 사항 :

- 방사선관리구역을 출입하는 자에 대한 방사선장해발생 여부를 발견하

기 위한 모니터링은 개인 모니터링과 환경 모니터링을 들 수 있으며, 개인 모니터링은 체외피폭모니터링과 체내피폭모니터링이 있고, 환경 모니터링은 작업환경모니터링과 시설주변모니터링으로 나눌 수 있다.

- 개인피폭모니터링의 체외피폭모니터링은 “개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정” 고시에 선량계종류 즉, 선량계교체 주기가 정해져 있는 것으로 판독장치에 의해 피폭방사선량 값을 알 수 있는 것과, 방사선작업 시 직독 형식으로 자신의 피폭방사선량을 확인할 수 있는 포켓선량계 및 전자개인선량계 등 보조선량계 착용을 들 수 있고, 체내피폭 모니터링은 간접 Bioassay법, 전신계수법(Whole Body Count법) 및 공기오염도와 체류시간 계산에 의한 방법 등이 있다.
- 환경모니터링은 작업환경모니터링과 시설주변 환경모니터링으로 구분할 수 있으며, 작업환경 모니터링은 표 28에서와 같이 방사성물질을 취급하는 작업장의 방사선준위 및 오염준위를 감시하여 안전한 작업 환경을 유지함으로써 방사선작업종사자의 방사선장해발생 방지를 통한 방사선작업종사의 건강을 보호하는 모니터링이며, 시설주변 환경 모니터링은 배기 또는 배수 등을 통해 환경으로 배출되는 방사성물질을 감시·관리하여 시설주변의 환경을 시설주변의 환경을 보존함으로써 시설주변의 일반인을 방사선 위해로부터 보호하는 모니터링이다.
- 작업환경 모니터링은 새로운 사용시설을 가동할 때 혹은 신규 작업을 시작할 때 시설기준에 따르는지를 확인하기 위하여 광범위하게 사용 시설 내 방사선량률 및 방사성물질의 농도를 측정한다. 외부방사선 측정 시에는 시설별 방사선량률 측정, 공기 중 오염 농도 및 표면오염도 측정 등을 통해 유효선량을 평가하고 표 27에서와 같이 일상적인 방사선관리를 위한 참고준위를 결정한다.
- “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙” 제3조(방사선관리구역)에 방사선관리구역 설정을 통한 방사선의 장해를 방지하기 위한 조치가 명기되어 있으며 자세한 내용은 표 26. 방사선관리구역 설정 기준 및 사용표지에 나타내었다.

Table 27. Establishment of radiation area

<p>제3조 (방사선관리구역) ① 법 제2조제16호에서 "원자력안전위원회규칙으로 정하는 값"이란 함은 다음 각 호와 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 외부방사선량률 : 1주당 400마이크로시버트 2. 공기 중의 방사성물질의 농도 : 유도공기중농도 3. 물체표면의 오염도 : 허용표면오염도 <p>② 외부방사선량률 등이 제1항의 규정에 의한 값을 초과할 우려가 있는 곳에 대하여는 사람의 출입을 관리하고 출입자에 대한 방사선의 장애를 방지하기 위하여 다음 각호의 조치를 하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 방사선관리구역의 설정 2. 벽·울타리 등의 구획물로 구획하여 별표 1에 의한 표지를 부착함으로써 다른 장소와 구별하고 방사선작업종사자 외의 사람이 당해 구역에 출입하는 경우에는 방사선작업종사자의 지시에 따르도록 할 것 3. 바닥·벽 기타 사람이 접촉할 우려가 있는 물체의 표면이 방사성물질에 오염된 경우 그 오염도가 허용표면오염도를 초과하지 아니하도록 할 것 4. 방사선관리구역으로부터 사람이 퇴거하거나 물품을 반출하는 경우에는 인체 및 의복·신발 등 인체에 작용하고 있는 물품과 반출하는 물품(그 물품이 용기에 들어있거나 포장한 경우에는 그 용기 또는 포장)표면의 방사성물질의 오염도가 허용표면오염도의 10분의 1을 초과하지 아니하도록 할 것

- 그러나 위의 방사선관리구역 설정 기준은 실제 사용시설에서 그대로 적용되지 않고 방사선안전관리를 위해 허가를 받은 경영자 또는 방사선안전관리를 담당하는 방사선안전관리자에 의해 더 낮은 기준으로 관리됨으로서 방사선장해방지에 노력해야 한다. 이외에도 방사선량률 모니터링, 공기 중 방사성물질모니터링, 표면오염 모니터링, 배기 및 배수 모니터링이 이뤄진다.

- 시설주변모니터링은 해당시설의 주변 환경에서의 방사선(능)을 감시하여 시설이 정상적으로 가동·운영되는지를 확인하고 시설주변 일반인을 방사선위해로부터 방어하는 것을 목적으로 한다. 원자력발전소 및 연구소와 같은 대규모시설의 경우 주변 환경 여러 지점의 방사선량률 및 수중 공기 중 방사능을 감시한다.

Table 28. Measure to prevent radiation damage 15)

<p>제91조(방사선장해방지조치) ① 원자력관계사업자는 방사선장해를 방지하기 위하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 다음 각 호의 조치를 하여야 한다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 방사선량 및 방사성오염의 측정 2. 건강진단 3. 피폭관리 4. 방사성물질의 방출량 및 피폭방사선량을 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하기 위하여 필요한 조치 <p>② 원자력관계사업자는 방사선작업종사자 및 대통령령으로 정하는 수시출입자의 피폭방사선량이 대통령령으로 정하는 선량한도를 초과하지 아니하도록 필요한 조치를 하여야 한다.</p> <p>③ 원자력관계사업자는 방사선장해를 받은 사람 또는 방사선장해를 받은 것으로 보이는 사람에게 원자력이용시설에의 출입제한과 그 밖의 보건 상 필요한 조치를 하여야 한다.</p>
--

- 방사선작업종사자의 건강진단은 원자력안전법 시행규칙 제132조(건강진단)에 명기되어 있으며, 진단 시기는 최초 방사선작업에 종사하기 전, 방사선작업에 종사중인 자에 대하여는 매년. 다만, 전년도 건강진단 이후 12월간의 피폭방사선량이 일반인에 대한 선량한도 연간 1 mSv를 초과하지 아니한 경우에는 이를 생략할 수 있다. 그리고 방사선작업종사자에 대한 선량한도 연간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100 mSv를 초과한 때이며, 검사항목은 말초혈액중의 백혈구·적혈구의 수 및 혈색소의 양이다.

- 방사선장해방지조치의 법적근거는 원자력안전법 제91조(방사선장해방지조치)에 나와 있으며 자세한 내용은 표 28. 방사선장해방지조치에 나타내었다.

9) 방사선장해를 받은 자 또는 그 우려가 있는 자에 대하여 취 할 보건 상 조치에 관한 사항 :

- 원자력안전법 시행령 제135조(방사선장해를 받은 사람 등에 대한 조치)에 명기되어 있으며 주요 내용은 방사선작업종사자 또는 수시출입자가 방사선장해를 받았거나 받은 것으로 보이는 경우에는 지체 없이 의사의 진단 등 필요한 보건상의 조치를 하고, 그 방사선장해의 정도에 따라 방사선관리구역 출입시간의 단축, 출입금지 또는 방사선피폭우려가 적은 업무로의 전환 등 필요한 조치를 하여야 한다.

15) 원자력안전법 제91조 방사선장해방지조치 사항

- 10) 방사성동위원소 등의 생산·사용·이동사용·분배·저장·운반·보관·처리·배출·판매 관한 사항을 기록하여 이를 공장 또는 사업소마다 비치하는 사항 :
- 원자력안전법 시행규칙 제145조(기록과 비치)에 기록·비치에 대한 사항은 [별표7] “기록·비치하여야 할 사항”에 명기되어 있으며 본 보고서에 방사성동위원소 등의 생산 및 사용자와 판매업자에 대한 내용을 확인할 수 있다.
- 11) 위험시의 조치에 관한 사항 :
- 방사선안전보고서의 기재 내용에도 “사고의 위험 및 그 대책”에 대해 서술하도록 되어있으며, 위험이란 지진, 화재, 홍수, 태풍 및 유해가스 누출 등의 재해 등으로 사용시설의 안전성이 위협받거나, 방사선작업종사자가 위험에 처하는 경우 등 사용시설에 대해 발생할 수 있는 확률이 있는 위험요인을 예측하고 조치 방안을 강구하는 내용을 기술해야 하며, 원자력안전법 시행령 제110조(사고 시의 조치 등) 및 제136조(장해방어조치 및 보고)에 관련 내용이 명기되어 있다.
 - 또한 긴급작업이 필요한 경우 긴급작업에 투입되는 방사선작업종사자의 선량제한 및 방사선작업절차에 대한 내용을 표 28에서와 같이 명기해야하는데 긴급작업에 대한 사항은 “방사선방호 등에 관한 기준” 제14조(방사선 긴급작업 시 선량제한)와 제15조(긴급 시 방사선작업절차 등)에 명기되어 있으며, 자세한 내용은 방사선 긴급작업 시 선량제한 및 방사선작업절차에 나타내었다.
- 12) 방사성동위원소 등의 분실·도난 등 사고시의 조치 및 사고예방에 관한 사항 :
- 방사성동위원소 등의 분실, 도난의 사고 시 조치 내용은 원자력안전법 시행령 제110조(사고 시의 조치 등), 그리고 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”에 사용시설별 도난 및 분실에 대한 사항이 기술되어 있다.
 - 일반적인 사고대책은 긴급조치, 사후조치, 예방대책으로 구분할 수 있으며, 표 30. 긴급조치, 표 31 사후조치, 표 32. 예방대책을 흐름 순으로 나타내었다[35].

Table 29. Dose limit & procedures In case of the emergency radiation work ¹⁶⁾

<p>제14조(방사선 긴급작업 시 선량제한) ① 영 제2조제4호의 규정에도 불구하고 영 제136조 제1항제3호마목에 따른 긴급작업에 종사하는 자나 사고의 진압 등 피해의 확대를 방지하기 위하여 불가피한 작업에 참여하는 자에 대하여는 유효선량은 0.5 Sv, 피부의 등가선량은 5 Sv까지 허용할 수 있다. 다만, 인명의 구조를 목적으로 하는 긴급작업에 대해서는 이를 적용하지 아니한다.</p> <p>② 제1항의 작업으로 인한 피폭선량은 개인피폭방사선량에 합산하지 아니 할 수 있다.</p> <p>제15조(긴급 시 방사선작업절차 등) 제14조 및 원자로규칙 제52조제2항에 따른 긴급작업에 적용되는 절차는 다음과 같다.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 원자력관계사업자는 방사선 긴급작업으로 인해 예상되는 피폭방사선량을 피할 수 있는 대안이 없거나 현실적으로 불가능한 극히 예외적인 상황일 때에만 이를 승인하여야 한다. 2. 긴급 시의 방사선작업은 작업 시작전에 원자력관계사업자(원자력관계사업자의 허가 등을 받은 자가 아닌 경우에는 그 고용주 또는 대리인)의 승인을 서면으로 받아야 한다. 3. 원자력관계사업자는 「원자력안전법」 제91조제1항제4호에 따른 작업에 참여하는 자의 피폭방사선량을 가능한 한 합리적으로 낮게 유지하기 위하여 필요한 방사선방호 조치를 취하여야 한다. 4. 원자력관계사업자는 작업 승인을 하기 전에 해당 작업에 참여하는 자에게 다음 사항을 통보하여야 한다. <ol style="list-style-type: none"> 가. 계획된 긴급작업의 목적 나. 작업 수행으로 받게 되는 예상 피폭방사선량, 부수적인 잠재적 위험도, 구체적인 방사선 준위 또는 기타 작업 조건 다. 제3호의 방사선방호 조치에 관한 구체적 지침

16) 원자력안전위원회 고시 방사선방호 등에 관한 기준. 2014

Table 30. An emergency measure

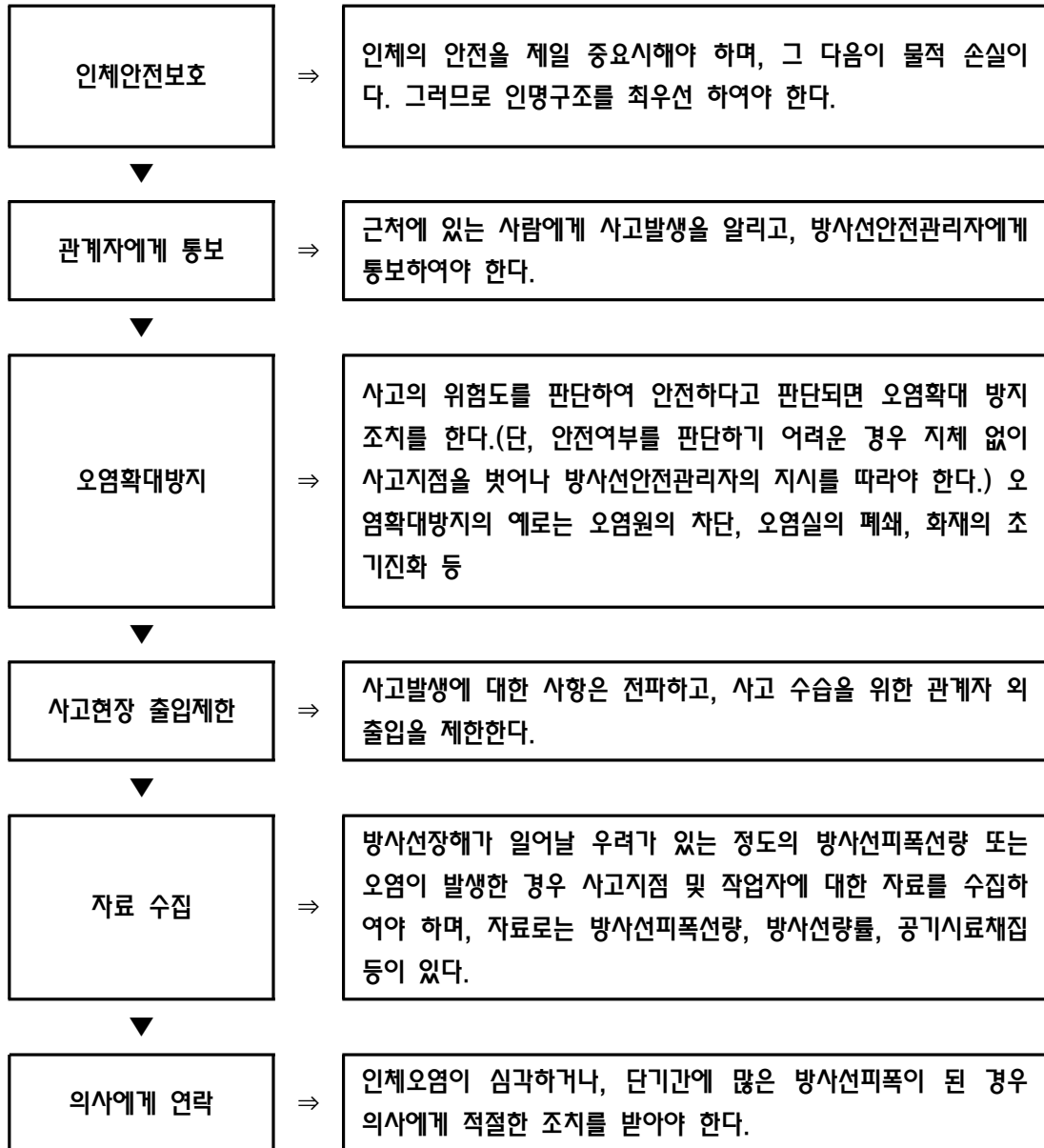


Table 31. Post facto measure

응급조치	⇒	사고현장의 출입을 제한하는 울타리 등을 설치하고, 주의사항을 게시해야 한다. 그리고 오염 확대 방지에 노력해야한다.
▼		
제 염	⇒	인체의 오염이 발생한 경우 인체오염제거 절차에 따라 오염을 신속하게 제거해야 한다.
▼		
사고관계자의 피폭선량평가	⇒	가능한 한 많은 자료를 수집하여 사고관계자의 외부피폭선량 및 내부피폭선량을 평가해야 한다. (개인선량계는 즉시, 판독하여 작업자의 방사선피폭선량을 확인하고, 간접 Bioassay법, 전신계수법(Whole Body Count법) 및 공기오염도와 체류시간 계산 등을 통해 내부피폭선량을 평가.)
▼		
건강진단	⇒	필요하다고 판단되는 경우 사고관계자에 대해 신속한 건강진단을 실시한다.
▼		
원인조사	⇒	사고발생의 원인을 조사하여 재발장지를 위한 조치를 강구한다.
▼		
보 고	⇒	원자력안전위원장 등 관계기관에 보고한다. 특히 방사성동위원소 등의 도난, 분실 등 경우에는 관할 경찰서에 신고해야 한다.

Table 32. Prevention measure

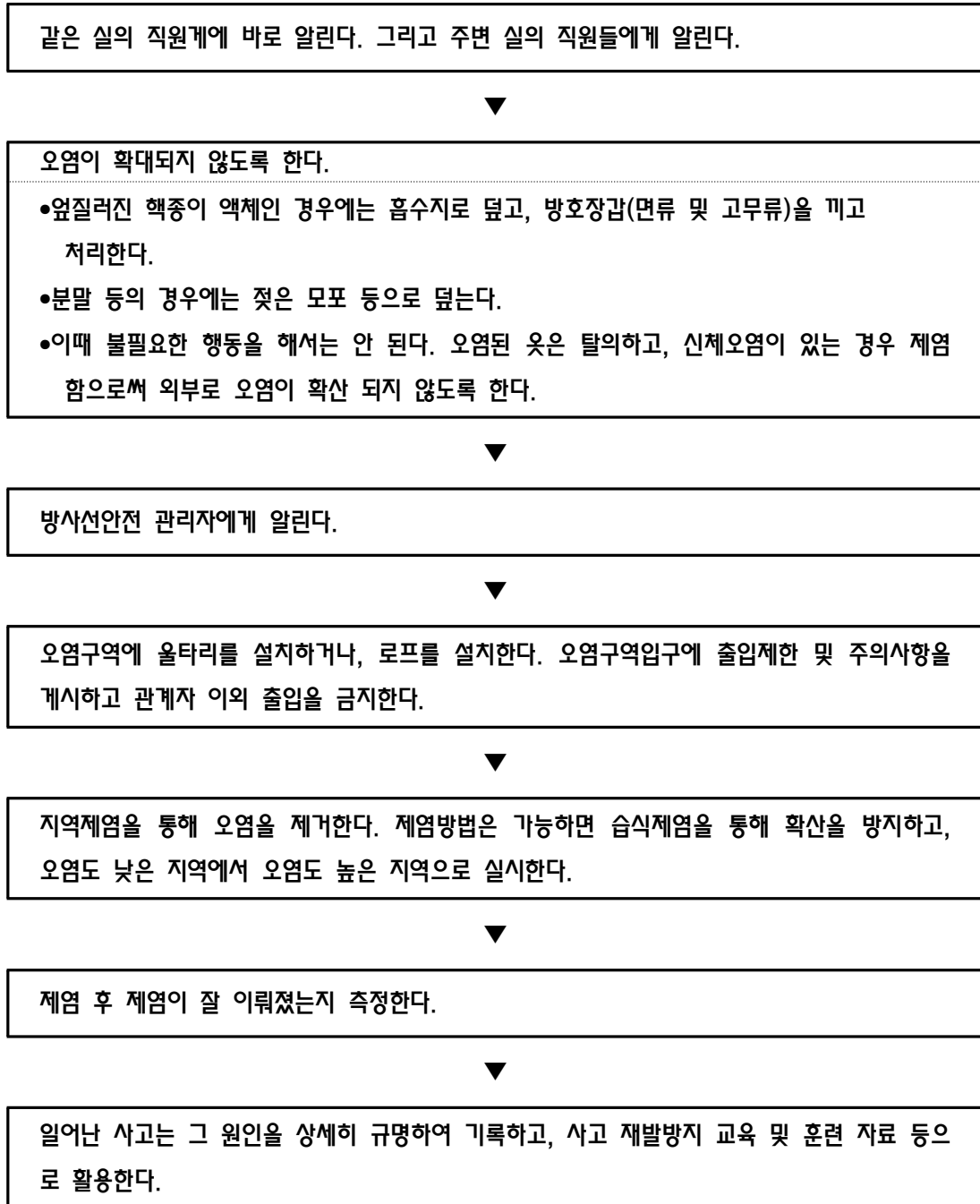
교육훈련	⇒	방사선작업종사자에게 안전관리규정을 철저히게 주지시키고, 안전취급에 대한 사항 및 사용시설에서 사용되는 선원에 대한 특성을 교육시킨다.
시설의 정비	⇒	방사선시설의 유지관리를 위한 정기적인 점검, 불안요소 발견 시 즉시 조치, 사용시설과 관련되는 직간접적인 시설에 대한 점검 등
방사성동위원소 관리	⇒	방사성동위원소의 도난 및 분실 등이 발생하지 않도록 동위원소 사용에 대한 기록 및 잠금장치를 철저히게 하여야함.
사고처리절차서 작성	⇒	평상시 사고발생을 대비하여 예상되는 사고에 대하여 사고처리절차서를 작성 관계자에게 주기적인 교육 및 훈련 실시
위험물질 관리	⇒	발화성물질, 인화성물질, 폭발성물질의 저장은 법정기준에 따라 수행되어야 한다. 이러한 위험물질을 방사선관리구역내에서 사용할 때에는 최소한으로 방지하며, 위험물질은 방사성동위원소의 보관 장소와 격리하여야 한다. 방사화학실험실에서 사용되는 액체 신틸레이터의 폐액이나, 방사성핵종으로 표시된 용기성용액 등은 인화성물질이므로 취급량에 대해서 주의해야 한다.

- 일반적인 사고 대책 외 여러 가지 사고가 발생할 수 있는데 먼저 화재대책을 살펴보면 방사성동위원소를 취급하는 시설과 저장시설 등은 내화성이 요구된다. 그러나 화재에 의한 방사성핵종이 기화되거나 공기 중으로 비산되면, 소화 작업에 위험을 유발할 수 있고 오염을 확산시킬 수 있다. 방사성동위원소는 사용, 저장 등 인화성, 휘발성이 있는 위험한 약품과 동일한 장소에 보관하지 않도록 하여야 한다 [46].
- 일반화재의 경우 전체의 20 ~ 30%가 전기와 관계되는 원인이며,

내화건물이라도 천정 마감재는 가연성의 재료가 많으며, 배기덕트는 염화비닐이 많이 사용되고 있다. 그리고 적외선이나 전열기 등 발열을 목적으로 하는 경우 충분한 주의가 필요하며, 평상시 화재에 대비하여 다음 항목을 관리해야 한다[46].

- 방사성핵종의 보관장소, 그 종류, 수량, 형상 등
 - 화재에 의한 비산의 위험성
 - 소화 시 물을 사용하기 곤란한 지역
 - 관할지역 소방서 연락망
- 다음은 지진에 대한 대책으로 우리나라도 지진에 대해서 안전 할 수 없으므로 평상시 다음 항목을 관리해야 한다.
 - 노후된 시설의 정비
 - 약품, 시약 등 보관함의 고정상태
 - 지진에 대하여 방사선관리구역 내에서 화재가 발생하지 않도록 작업 내용 검토
 - 지진에 대하여 비상구 등의 탈출방법 검토
 - 지진으로 인한 정전, 단수 대책
 - 지진 후 건물의 피해, 특히, 배출시설의 파손 등에 대한 방안
 - 방사성핵종이 옆질러졌을 경우에 대한 대책은 그 빈도가 가장 많을 수 있는 상황으로 그 대책으로는 방사성핵종을 옆질렀을 경우 옆지른 핵종의 수량, 상태, 종류나 주위의 조건에 따라 처리방법은 바뀔 수 있겠지만 일반적인 방사성핵종의 옆질러졌을 때의 처리흐름은 표 33.과 같다.

Table 33. Measure when radioactive material spilled out



방사성핵종 취급 중 상처를 입었을 경우에 대한 대책은 15초 이내에 대량의 흐르는 물에 상처를 벌려서 5분간 씻는다. 상처를 벌려서 젖은 가제로 살살 문지른다. 만약 위험한 핵종으로 오염되었을 경우에는 지혈하고, 의사에게 간다. 여기서 지혈은 정맥만을 멈추는 것이 좋다. 상처의 오염을 측정하여 오염이 남아 있으면 처치한다.

13) 방사선안전관리자의 권한·책임 및 직무수행에 관한 사항 :

허가된 시설의 방사선안전관리자는 원자력안전법 및 관련법의 준수 및 경영자로부터 부여받은 권한, 책임 및 직무수행에 대해 명기하고 준수함으로써 방사선안전관리가 원활하게 수행되도록 하여야 하며, 특히, 안전관리규정관리 및 이행과 방사선장해방지가 현실적으로 이뤄지도록 해야 한다.

14) 기타 방사선장해의 방어에 필요한 사항 :

허가된 시설의 특수성 및 위의 13개 항목에서 명기하지 않은 사항을 명기한다.

다. 안전관리규정 세부작성지침 내용에 따른 표준절차서 항목

“안전관리규정 작성지침” 고시 [별표]에 “안전관리규정 세부작성지침”의 14개 항목의 내용을 분석하고 각 항목의 내용 중 절차화할 수 있는 내용을 발취하여 개발될 수 있는 표준절차서명 및 “안전관리규정 세부작성지침”에 명기된 내용을 분하였다 [41].

1) 출입관리

- 가) 방사선관리구역의 설정기준 및 관리절차
- 나) 교육훈련계획의 수립 및 승인절차
- 다) 개인선량계의 지급 및 회수 등 관리절차
- 라) 위험시 조치에 관한 사항

2) 방사선(능) 측정

방사선량률, 방사성물질에 의한 오염 측정방법, 주기 및 절차

3) 누설점검

밀봉선원을 사용하는 경우 선원의 누설점검 방법 및 절차

4) 방사선(능) 계측기 운영

방사선안전관리장비의 점검 방법, 주기 및 절차

5) 방사성폐기물관리

방사성동위원소 처리, 배출

6) 자체처분

방사성동위원소 자체처분

7) 동위원소 관리

방사선원의 구매, 인구, 인계, 저장, 반입, 반출, 판매 절차
방사성동위원소의 분배, 보관, 저장

8) 방사성물질 이동

방사성동위원소 운반, 인도, 취급 및 승인

9) 비상대응

방사성동위원소 등의 분실, 도난, 등 사고시의 조치 및 사고예방에 관한 사항

4. 방호대상 및 방호요건분석 결과

대다수 신규 면허 취득자는 실무 경험 없이 방사선안전관리 업무에 투입되어, 업무를 인수 받는다. 간혹 기존에 만들어진 안전관리 책자 등을 통해서 실무지식을 취득하는 경우도 있다. 후자의 경우 작성된 책자는 각 기관에서의 세부 업무에 대한 분석이 미흡한 상태에서 각종 절차서들을 만들어 문제점이 발생되어 왔다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 절차서 등의 개정이 계속되어 왔다. 하지만 이러한 개정들 역시 업무분석이 없이 수행됨에 따라 업무진행과정이 더욱 복잡해 졌다.

관계법령을 분석한 결과 “안전관리규정 세부작성지침” 14개 항목 중 출입관리, 방사선(능) 측정 등 9개 항목을 도출하였다. 필요한 방사선안전관리 기술기준에 관한 사항을 명기한 “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”을 분석하고 관련 고시 중에서도 본 연구와 관련된 고시만을 발취하여 분석하였다. 또한 원자력안전위원회 고시 “안전관리규정 작성지침”을 분석함으로써 안전관리규정에서 절차화할 수 있는 항목을 분류하고, 허가 종류별로 절차서로 개발할 수 있는 내용이 있는지를 분석하였다.

이에 각 방사선이용시설에 대해 업무흐름분석을 통해 선원, 인력, 시설 그밖에 행정 절차로 크게 4개의 분류로 구분을 지었으며, 그 분류에 대해서 업무 흐름 또는 시간적 흐름에 따라 분석하였다. 선원 중심의 경우 선원을 구매하여 사용하기 위해서 필요한 인허가와 신청에서 부터 자체 혹은 위탁폐기로 마무리되는 시간흐름에 따라 분석을 하였다. 인력 중심은 종사하기 위하여 종사 전 사전조치사항과 퇴사 또는 전출 등으로 인한 신분 변화 시 작업종사자 관리에 대해 시간흐름에 따라 분석을 하였다. 시설 중심은 방사선관리구역을 사용하기 위해서 시설을 설계하고 규제기관으로 부터 승인을 받아야 하며 이후 안전하게 사용하고 추후 사업의 폐지에 이르는 일련의 절차를 분석하였다.

제3절 업무 절차 분석 및 Process Mapping

1. 개요

본 연구에서는 원자력안전법 및 관계법령을 바탕으로 업무의 흐름에 대한 절차를 개선하고자 업무 분석을 실시한다.

분석 등을 통해 얻어진 결과물은 단일 방사선이용시설은 물론, 선원을 다양하게 이용하는 방사선이용시설에도 적용이 가능한 표준절차서 개발에 도움이 될 수 있으며, 통합 방사선 관리시스템을 통하여 방사선안전관리 업무의 효율화, 방사선이용시설의 안전성 확보 및 방사선 산업에 대한 국민의 신뢰성을 얻을 수 있다.

2. 업무분석을 통한 Process Mapping

가. 배경

방사선이용시설의 사고요인과 안전위해요소 분석을 통해 선원의 분실, 도난, 피폭 사고가 많은 것으로 나타났다. 이러 결과는 각 기관에 절차서 및 규정이 없어 나타난 문제보다는 규정과 절차 미준수가 원인이 되는 경우가 많다. 실제로 대부분의 방사선안전관리자는 업무의 대부분을 절차화하여 각종 절차서를 작성하여 운영하고 있다. 그러나 업무흐름을 명확하게 규정하지 않은 채 타기관의 절차서를 인용하여 사용하고 있는 경우가 많다. 또한 사고나 사건이 발생하였을 경우 그에 대한 보완책으로 해당 절차서를 수정한다. 그러나 이때 상세 업무 분석 및 흐름의 파악이 되지 않은 채로 누락된 절차만을 기존 절차서에 삽입하는 경우가 대부분이다. 이로 인하여 각종절차서는 업무의 혼선과 비효율적인 절차를 생산하게 되어 실행되기 어려운 절차서로 전락되는 경우가 많다.

따라서 업무분석의 방법과 분석된 업무의 도식화 및 방사선안전관리상 필요한 업무에 대한 업무도식도를 만들하고자 한다.

나. 업무분석 및 도식화

1) 업무 분석

업무 분석(Business Process Analysis)이란 조직 실무의 현장에서 수행되는 업무 과정을 기술적(descriptive)이면서도 분석적으로 분해하는 것을 말한다. 최근의 업무 분석은 적합한 기술과 능력을 보유한 인력 배치, 또는 업무 재설계를 목적으로 실행되는 경향을 보인다[47]. 한편 전산 시스템을 도입하면서, 인간의 업무 수행을 가장 효과적으로 지원할 수 있는 전산 시스템을 설계하기 위한 기초 작업으로서 업무 분석 방법을 적용하는 것이 보편화되었다[48].

2) 직무분석(job analysis , 職務分析)

직무에 포함되는 일의 성질이나 직무를 수행하기 위하여 종업원에게 요구되는 적성(適性)에 대한 정보의 수집 분석을 말한다. 한 사람의 종업원이 수행하는 일의 전체를 직무라고 하며, 인사관리나 조직 관리의 기초를 세우기 위하여 직무의 내용을 분석하는 일을 직무분석이라고 한다[49].

각 직무에 대해서 밝혀야 할 항목은,

- ① 직무내용(목적 · 개요 · 방법 · 순서),
- ② 노동부담(노동의 강도 · 밀도),
- ③ 노동환경(온도 · 환기 · 분진 · 소음 · 습도 · 오염),
- ④ 위험재해(감전 · 폭발 · 화재 · 고소 · 재해율 · 직업병),
- ⑤ 직무조건(체력 · 지식 · 경험 · 자격 · 개성),
- ⑥ 결과책임(직무를 수행하지 않았을 경우의 인적 · 물적 손해의 정도),
- ⑦ 지도책임(후임자 지도),
- ⑧ 감독책임, 권한 등이다.

직무분석의 결과는 직무기술서나 직무명세서로 종합 · 정리되어, 채용 · 승진 · 배치전환 · 교육훈련 · 임금 · 안전위생 등 인사관리나 직무분담 · 부서편성 · 지휘감독 등의 조직 관리에 자료를 제공한다[50].

3) 업무 프로세스

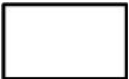
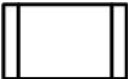
업무 프로세스(업무흐름)는 업무의 실행 단위가 되면서 정보의 입출력이 되는 단위를 말한다. 프로세스는 무엇을 하는지 왜 하는지에 대해서 정의할 필요가 있다. 누가 프로세스를 기동하는지 언제 수행하는지를 기술할 필요가 있다. 프로세스를 정의한다는 것은 곧 프로세스가 한번 실행될 때 나타나는 현상에 대해 구체적으로 기술한다는 것이다[51].

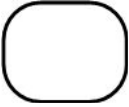






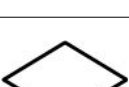


프로세스를 정의할 때 반드시 확인할 사항으로 그 프로세스가 단위프로세스인지를 확인해야 한다. 처음으로 업무를 시작하는 사람이거나 아직 프로젝트에 익숙하지 않은 사람은 구체적이지 않은 업무의 표현 개략적인 자료를 가지고 최하위 수준인 단위 프로세스를 도출하는 것은 결코 쉬운 일이 아니다. 결론적으로 업무 분석하기는 단위 프로세스를 도출하는 과정이다[52].

4) 블록 다이어그램(block diagram)

수치 혹은 물리적인 자료와 그 흐름을 보다 명료하게 이해하기 위해 매 과정(process)을 체계적으로 구역을 나눈 후, 이를 표 34에서와 같은 그림으로 나타낸 것을 뜻한다.

Table 34. Block diagrams

상징	기호이름	프로세스 / 동작기호
	프로세스	프로세스 매핑에 가장 일반적인 상징으로, 프로세스 또는 작업 단계를 표시합니다.
	사전 정의된 프로세스	다른 프로세스의 단계 또는 정식으로 다른 곳에서 정의된 프로세스 흐름 단계를 위한 표시입니다. 이 형태는 일반적으로 하위 프로세스 (또는 프로그래밍 Flowcharts에서 서브루틴)절차, 작업 지시, 또는 다른 프로세스로 연결을 의미합니다.

상징	기호이름	프로세스 / 동작기호
	수행의 시작과/종료	수행의 시작과/종료를 나타내는 기호입니다.
	준비	모든 공정단계에서 작업과 같은 준비과정 흐름단계이다
	문서	문서 순서도 기호는 문서 생성 프로세스 단계입니다.
	다중문서	이형상은 일반적으로 여러 문서가 묶여져 있는걸 말합니다.
	디스플레이	정보가 사람 (예. PC, 사용자, 시스템 운영자)에 표시되는 프로세스 단계를 나타냅니다.
	수동입력	수동 입력 순서도 모양은 연산자 / 사용자가 수동으로 입력하라는 공정 단계를 보여줍니다.
	흐름선(화살표, 커넥트)	흐름 라인 커넥터는 프로세스가 흐르고 있는 방향을 보여 줍니다.
	결정	프로세스 흐름에 질문이나 지점을 나타냅니다. 일반적으로 의사 결정 순서도 모양은 옵션(없음/no/아니오 등)이 사용됩니다.
	데이터베이스	흐름도에서 데이터베이스를 묘사하는 형태임.
	직접 액세스 저장소	직접 액세스 저장소는 데이터베이스에서 저장된 데이터를 가지고 오기 위한 접촉을 묘사합니다.

다. 방사선안전관리 업무도식도

방사선 방호업무상 가장 빈번한 작업을 대상으로 단일 프로세스화한 업무 14가지를 구분하여보았다.

(1) 방사성동위원소 등 구매

방사선 구매 시 규제기관, 사용기관, 판매기관 및 수출입 요건을 확인하는 기관 등 여러 기관의 복합된 절차가 필요하다. 사용기관의 사용자는 사용할 핵종을 방사선안전관리자로부터 사용허가 여부를 확인해야 한다. 이후 구매요구서가 판매업체에 접수되면서 부터 선원의 구매가 시작된다. 만약 선원의 사용허가가 없을 경우 사용기관은 인허가 절차를 통해 선원이 구매되어 납품되기 전까지 사용허가를 진행하면 된다. 그림 8과 그림 9는 일련의 절차를 도식화한 내용이다.

(2) 방사성물질 운반

방사성동위원소의 운반은 원자력안전법제71조 및 동법 시행규칙 제98조에 따라 ① B(U)형 운반물, ② B(M)형 운반물, ③ C형 운반물, ④ 핵분열성물질 운반물, ⑤방사성물질에 의하여 오염된 대형 기계장치로서 운반용기로 포장하기에 부적합한 것은 운반신고를 해야 한다. 이후 운반물의 포장상태를 확인하기 위해 원자력안전법 시행령 제111조 및 동법 시행규칙 제101조에 따른 포장, 운반검사를 시행해야한다. 이에 따른 순차적 절차는 그림10에 따라 진행된다.

(3) 누설검사

밀봉선원은 선원의 누설이 없도록 제조하여 선원의 건전성을 유지하도록 설계 제작되어있으나, 사용조건(온도, 습도, 압력 등)에 따라 선원의 건전성이 유지되지 않을 경우를 대비하여 선원으로부터 방사성물질의 누설에 대한 검사를 그림 11과 같이 도식화한 것이다. 이에 대한 관련 법령은 「방사선 안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙」 제43조제6호과 원자력안전위원회 고시 방사선원누설 점검에 관한 기준이 있다. 이 근거에 따르면 밀봉선원의 건전성을 확인하기 위한 누설점검의 방법·주기·누설한도 및 후속조치 등을 정하도록 되어 있다.

(1) 방사성동위원소 등 구매 (1/2)

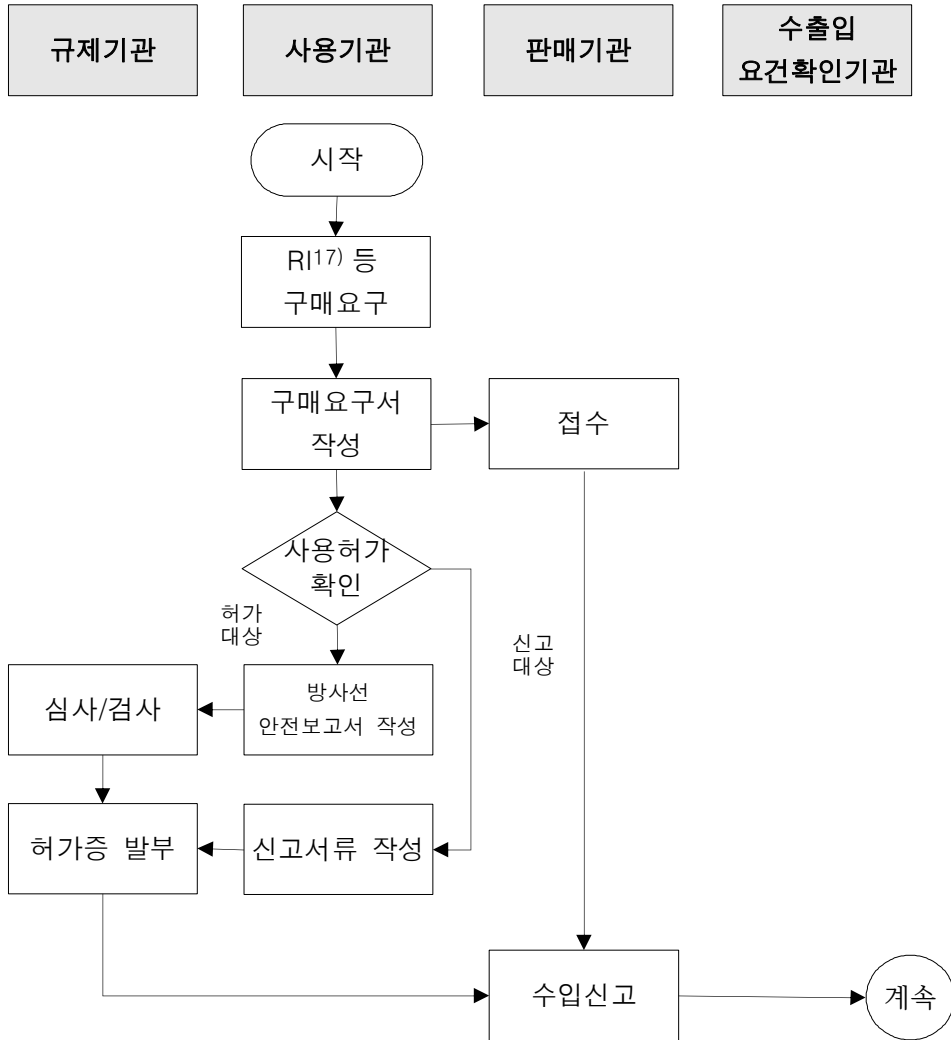


Fig. 8. The schematic diagram of a purchase of radioisotopes, radiation generating device (1/2).

17) radioisotope

(1) 방사성동위원소 등 구매 (2/2)

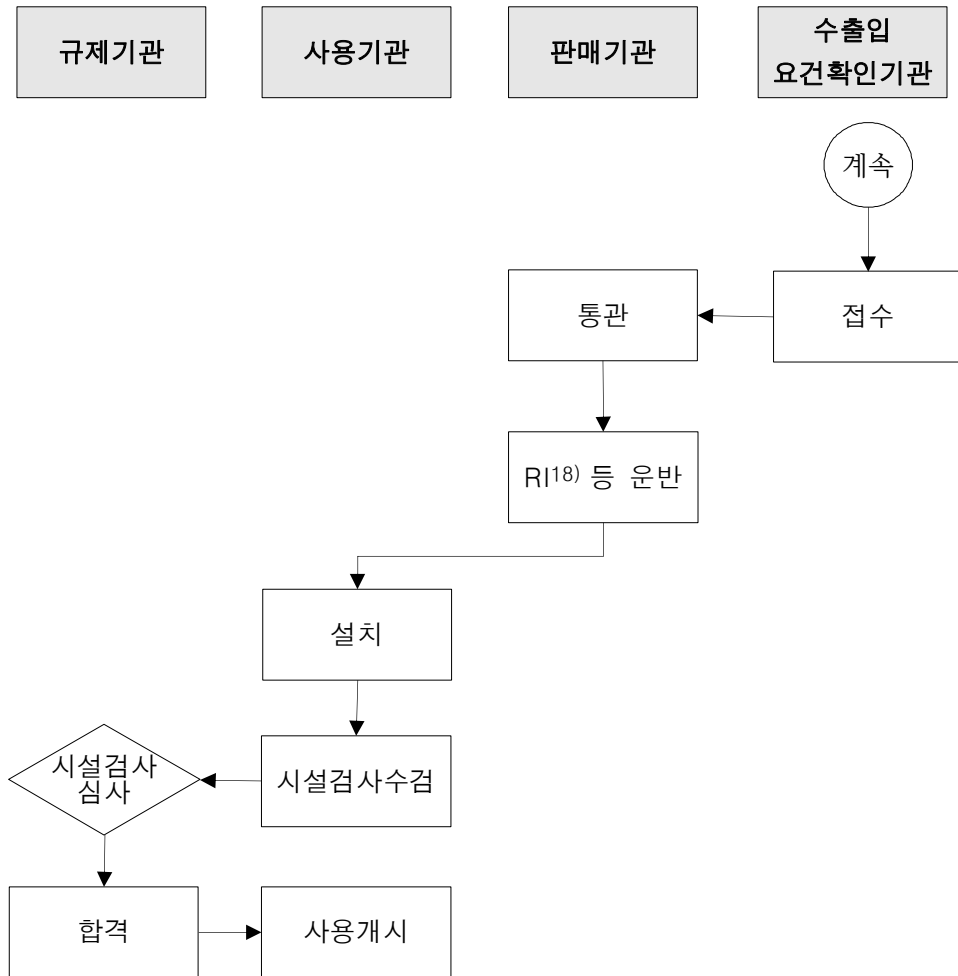


Fig. 9. The schematic diagram of a purchase of radioisotopes, radiation generating device (2/2).

18) radioisotope

(2) 방사성물질 운반

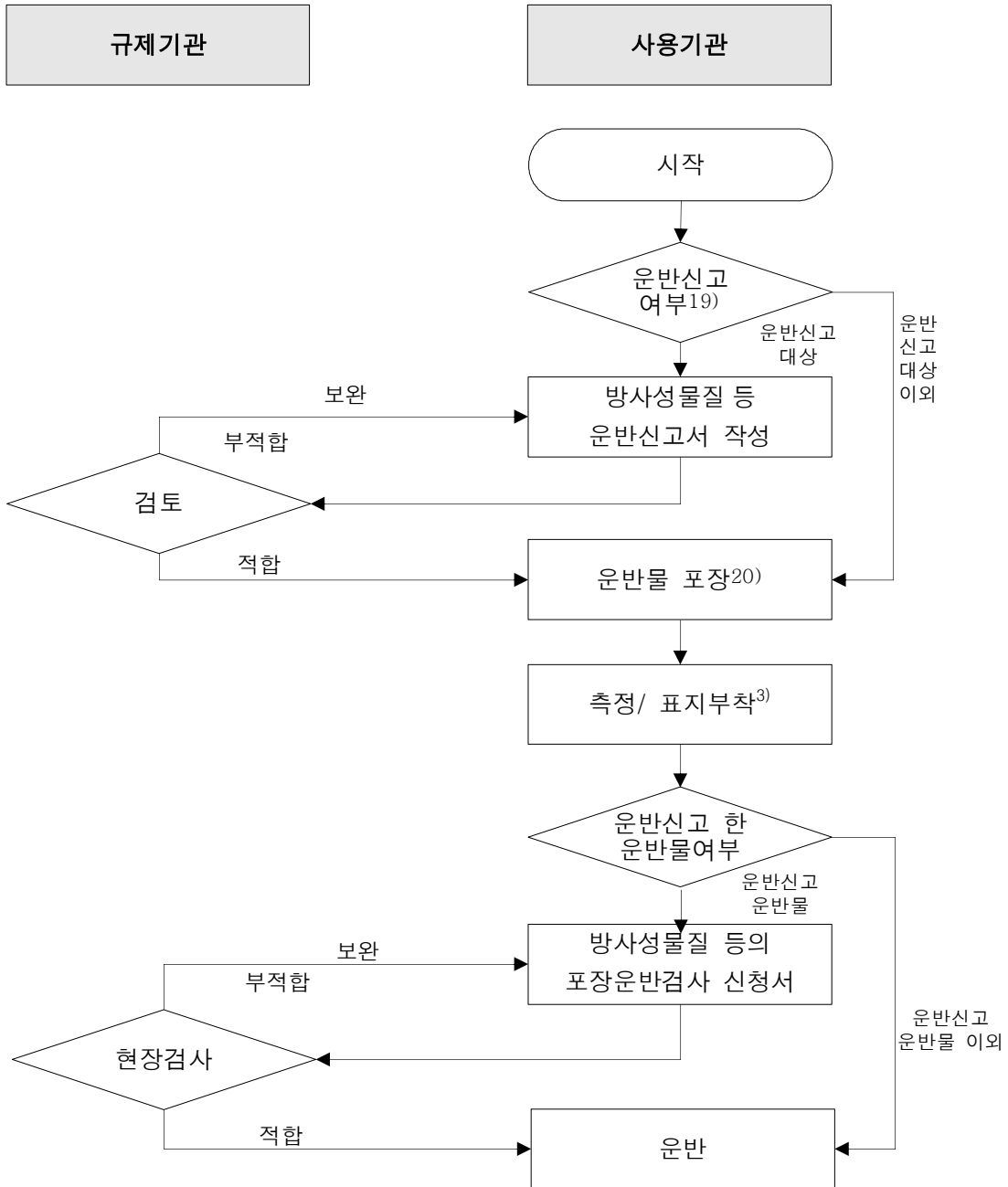


Fig. 10. The schematic diagram of a transport of radioactive materials.

19) 법 시행규칙 제103조

20) 원자력안전위원회고시 방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정

(3) 누설검사

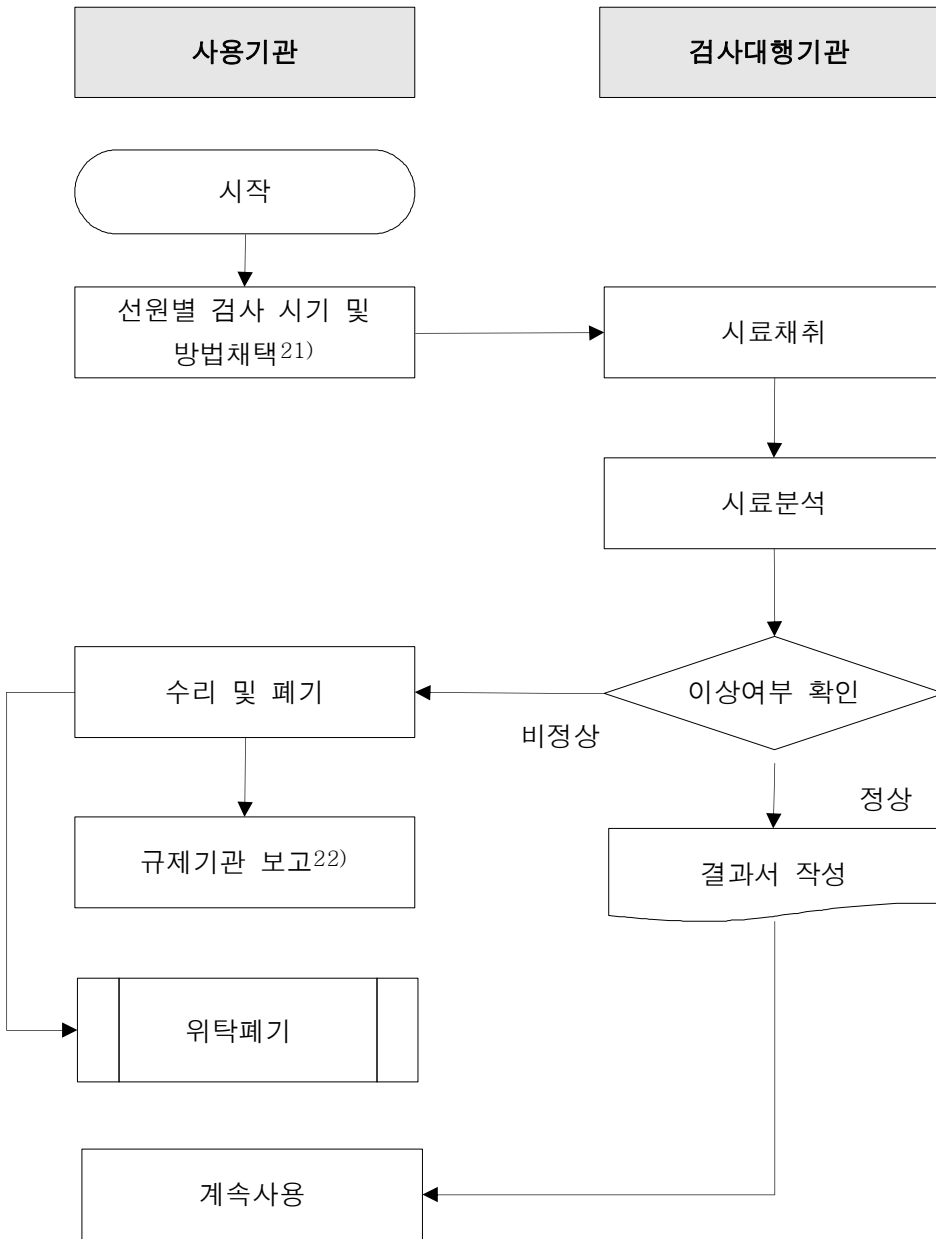


Fig. 11. The schematic diagram of a leakage checking.

21) 원자력안전위원회고시 방사선원의 누설점검에 관한 기술기준

22) 원자력안전위원회고시 원자력이용시설의 사고.고장 발생 시 보고.공개 규정

(4) 위탁폐기

방사성폐기물의 자체처분은 원자력안전법제71조의 근거에 따라 원자력 관계사업자가 법 제70조제3항에 방사성폐기물로서 핵종별 농도가 위원회가 정하는 값 미만인 방사성폐기물을 소각, 매립 또는 재활용 등의 방법으로 처분할 수 있도록 규정하고 있다. 다만 이런 자체처분 대상의 폐기물에 해당이 안 되는 경우 폐기물 위탁기관에 의뢰하여 처리하는 절차를 그림 12에 도식화 하였다.

이때 주의할 사항으로는 밀봉선원의 폐기 시 선원이 선원 Certification 보유여부를 반드시 확인해야 한다. 선원의 Inventory관리를 위해서 선원의 Certification이 있어야 폐기할 수 있기 때문이다.

(5) 방사선작업종사자 교육

방사선 작업종사자의 경우 최근 규정개정으로 인하여 기본교육과 직장교육으로 분리되어 시행되고 있다. 기본교육의 경우 자체 교육으로 교육을 이수할 수 없고 지정위탁기관에서 교육을 수료하여야 한다. 직장교육의 경우 해당 교육계획을 원자력안전위원회로부터 승인받을 경우 자체교육으로 수행이 가능하다.

2015년부터는 방사선작업종사자중 방사선안전관리자에 대한 교육이 신설되어 운영될 예정이다. 기타 일반적인 방사선작업종사자 교육에 대해 방사선안전관리자 또는 사용자가 수행해야할 업무의 흐름은 그림 13과 같다.

관련규정은 원자력안전법제106조 및 동법시행령 제148조에 규정되어 있다.

(6) 건강진단

건강진단은 원자력안전법제91조에서 규정하고 있다. 이 조항에 따르면 원자력관계사업자는 방사선장해를 방지하기 위하여 건강진단, 작업자의 피폭선량관리 및 방사선량 및 오염도에 대한 측정을 실시하도록 되어 있다. 건강진단에 대한 세부규정은 동법 시행령 132조 및 동법 시행규칙 121조에 상세히 규정되어있다.

(4) 위탁폐기

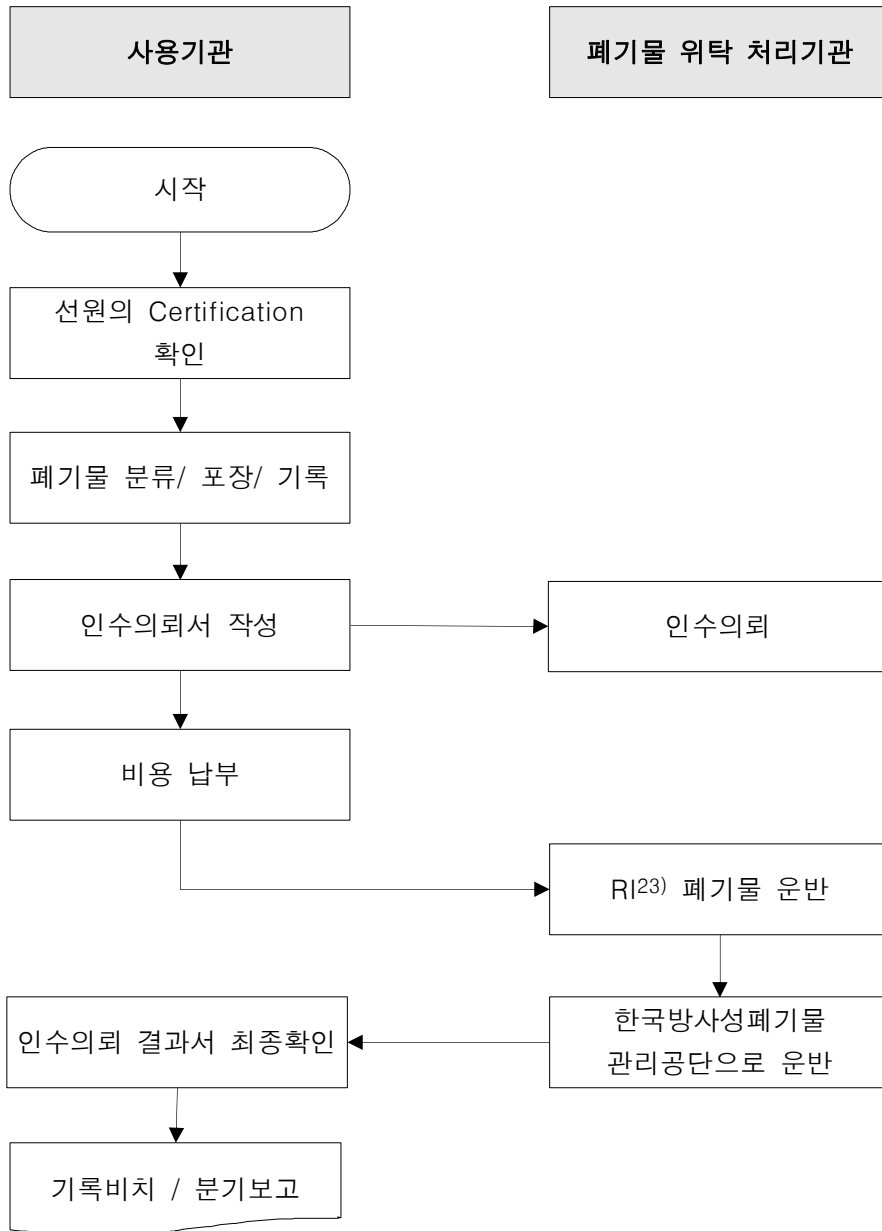


Fig. 12. The schematic diagram of a entrustment disposal.

23) radioisotope

(5) 방사선작업종사자 교육

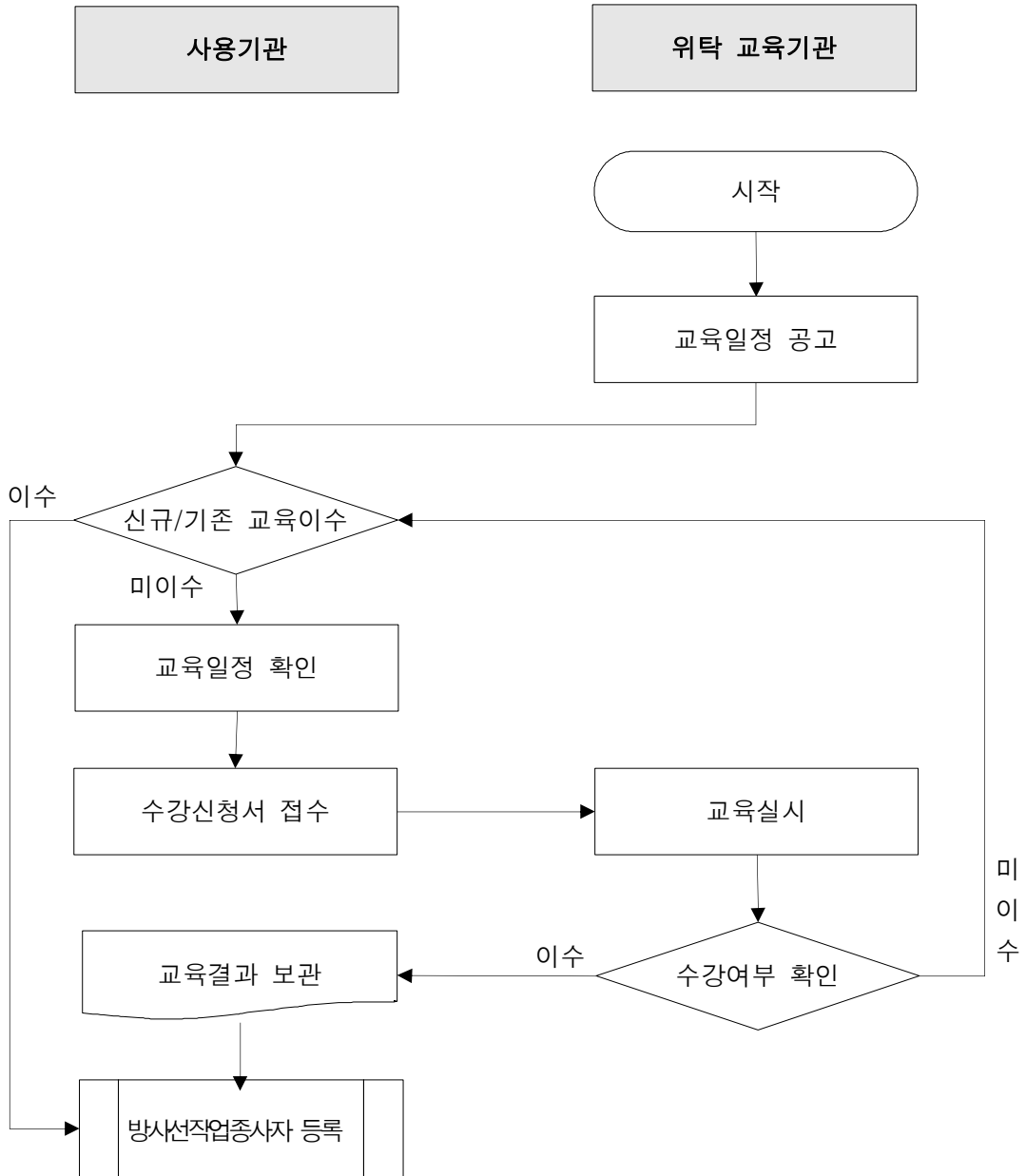


Fig. 13. The schematic diagram of a education and training.

(6) 건강진단

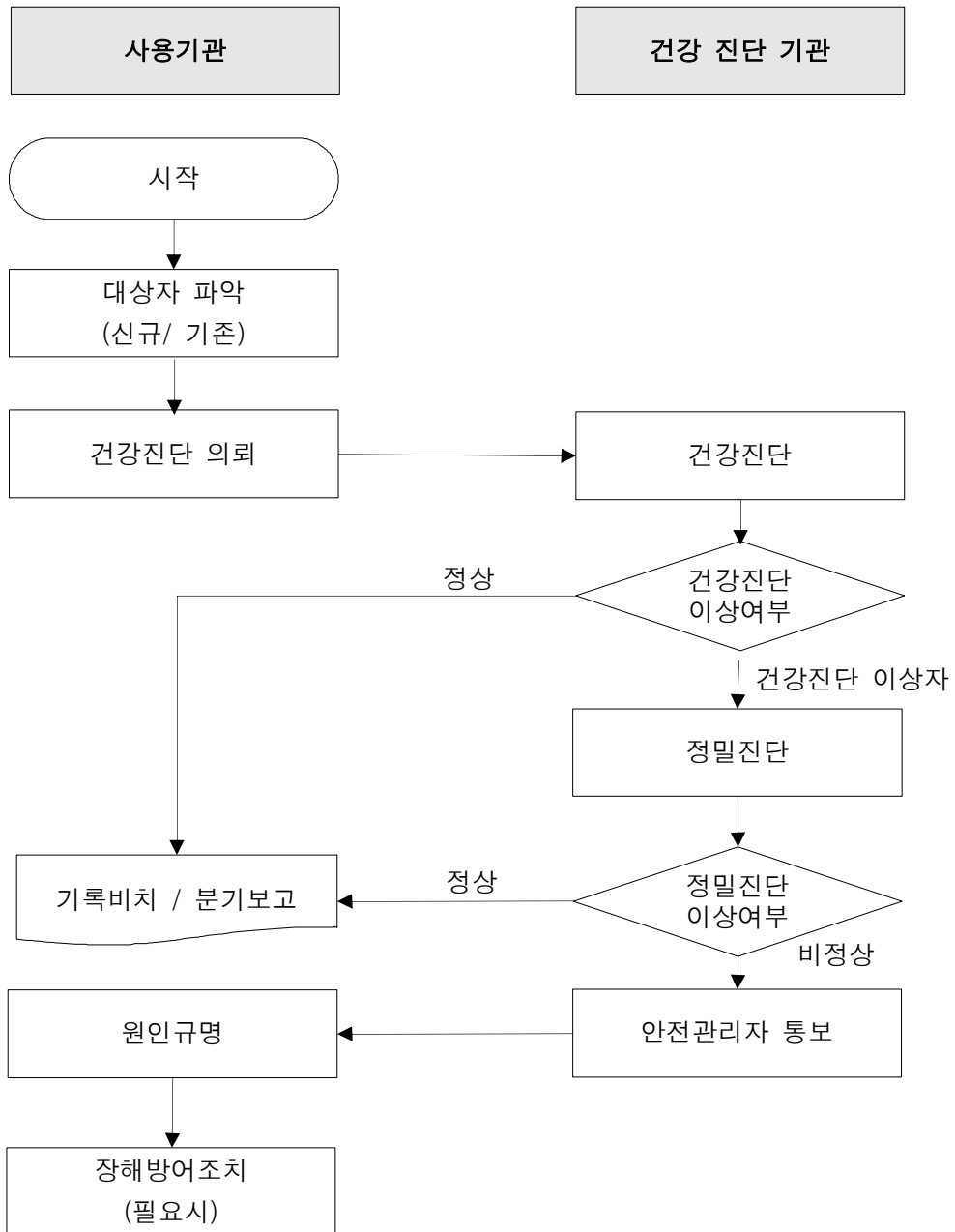


Fig. 14. The schematic diagram of a medical checkup.

(7) 방사선작업종사자 등록

원자력안전법상 방사성물질의 소지에 대한 규정은 법제94조제5호에 원자력관계사업자의 종업원이 그 직무상 방사성물질 등 또는 방사선발생 장치를 소지하는 경우와 법제84조 면허규정에서 제106조제1항에 따른 교육 및 훈련을 받은 사람이 면허를 받은 사람 또는 방사선관리기술사의 지시·감독 하에 이를 운전하거나 취급할 수 있는 것으로 규정하고 있다.

이에 방사선작업을 위해서는 동법 제91조에 따른 건강진단 및 피폭관리(개인피폭선량계 지급), 동법 106조의 교육을 이수한 후 방사선작업종사자로 활동이 가능하다. 이에 따른 절차는 그림 15에 따라 수행하면 된다.

(8) 방사선작업종사자 작업

(7)에서와 같이 방사선작업종사자로 등록된 사람이 방사선 작업할 경우 사전에 작업에 대한 충분한 지식과 연습을 수행한 이후 작업을 해야 한다. 기관에 따라 방사선작업에 대한 사전 작업허가를 득하여 시행하는 기관은 매우 적다. 다만 그림 16에서와 같이 이러한 절차를 통해 방사선 작업할 경우 ICRP에서 권고하는 선량제약치 및 피폭선량의 최적화를 용이하게 수행할 수 있을 것이다.

(9) 수시출입자 관리

수시출입자는 방사선작업종사자 이외의 자로 방사선작업이 아니지만 방사선관리구역에 출입이 필요하고 이로 인해 방사선피폭의 우려가 있는 작업자 이므로 이에 대한 별도의 관리 절차가 그림 17과 같이 필요하다. 또한 원자력안전법 제91조 제2항 의거하여 수시출입자에 대한 선량한도를 초과하지 않도록 규정하고 있다.

(7) 방사선작업종사자 등록 24)

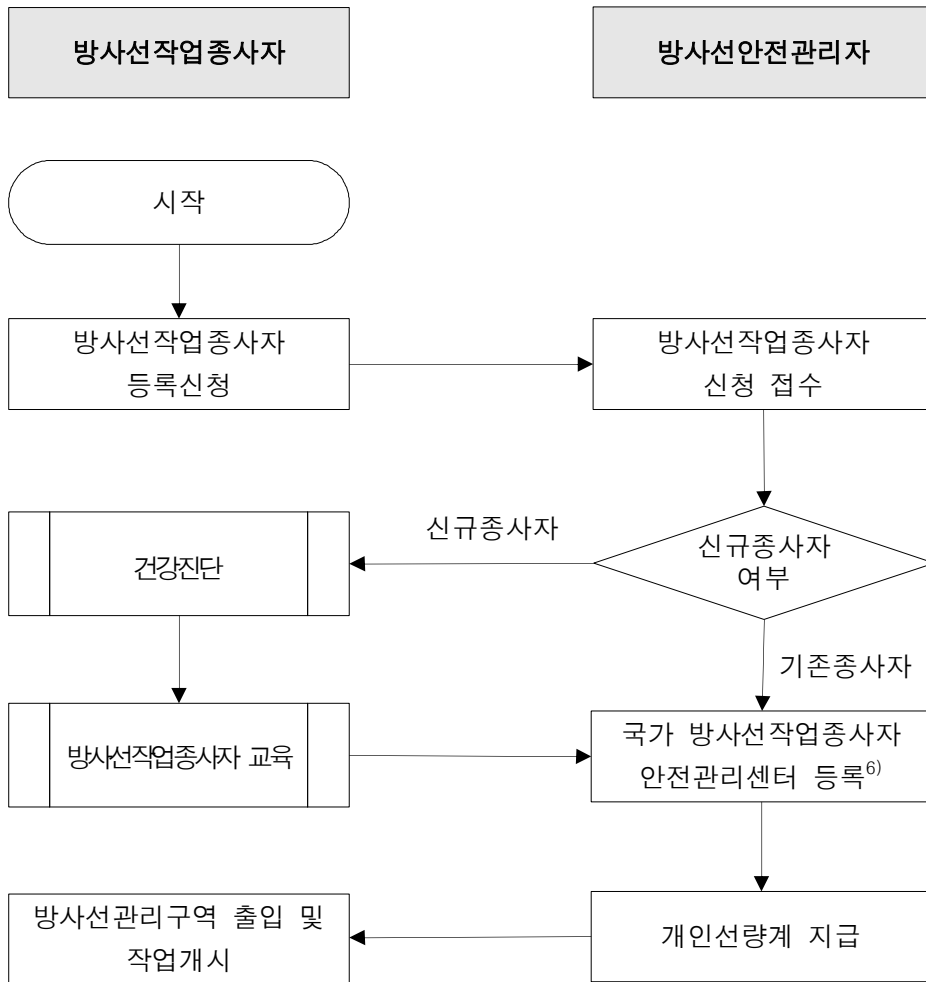


Fig. 15. The schematic diagram of a registration of a radiation worker .

24) <http://kiso.e.kins.re.kr/>

(8) 방사선작업종사자 작업

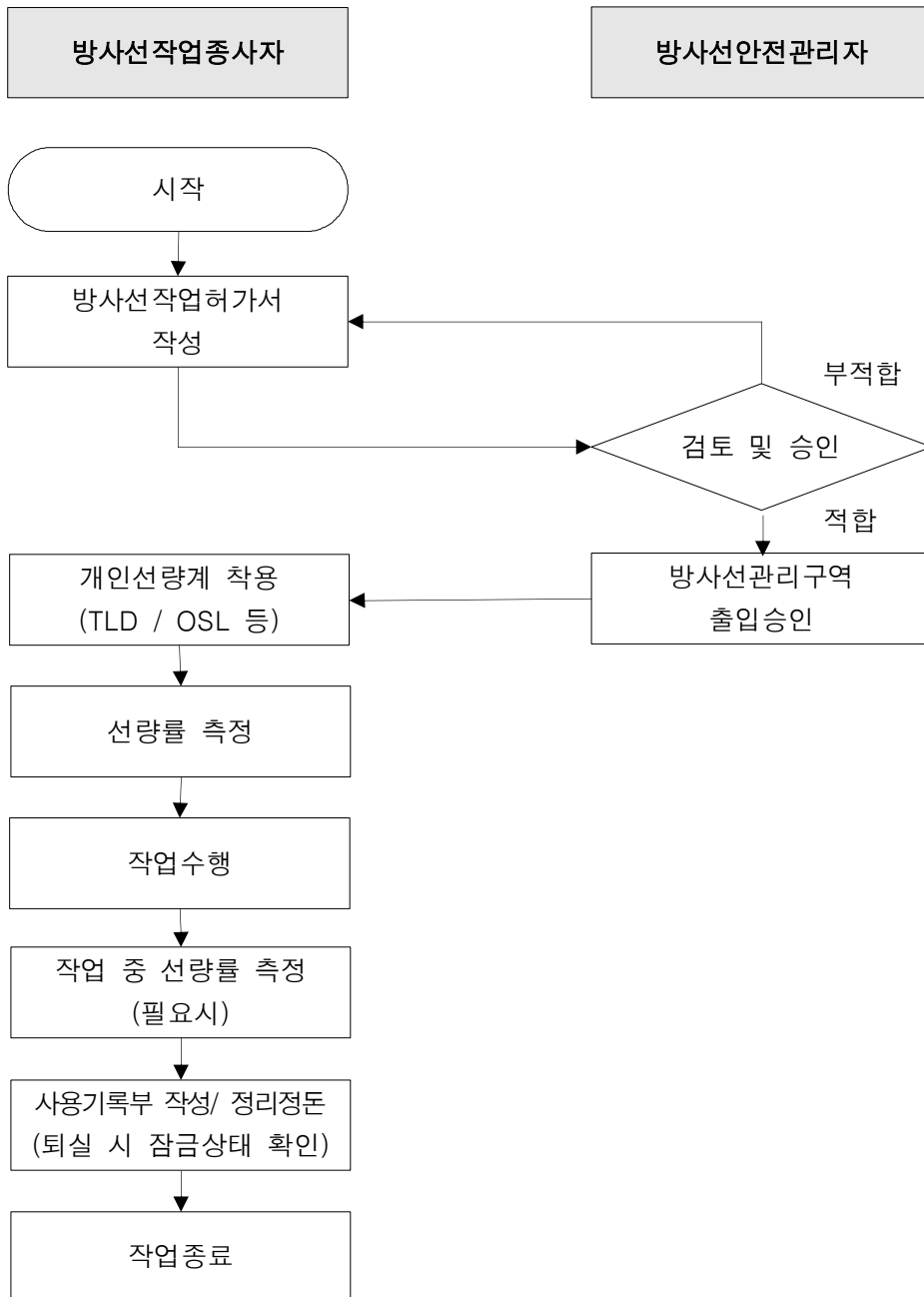


Fig. 16. The schematic diagram of a radiation works permission.

(9) 수시출입자 관리

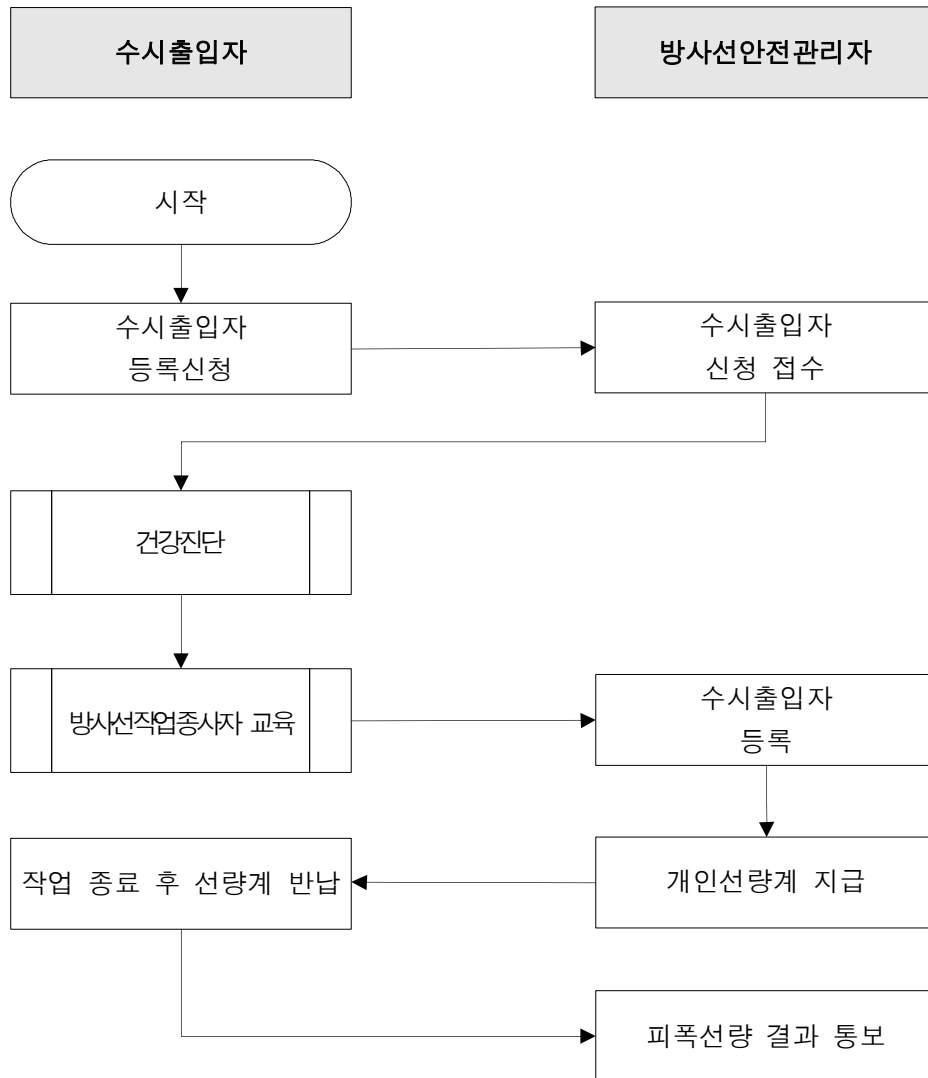


Fig. 17. The schematic diagram of an access procedure of persons with frequent access.

(10) 일반인 방사선관리구역 출입

방사선작업종사자가 아닌 사람이 방사선관리구역을 출입할 경우가 있다. 이 경우 수시출입자로도 분류가 되지 않기 때문에 별도의 출입절차가 그림 18과 같이 필요하다.

(11) 관리구역 방사선량률 측정

방사선관리구역에 대한 선량 및 오염상황관리는 원자력안전법 제91조 제1호에 규정하고 있다. 이에 대해 필요한 절차를 그림 19와 같이 도식화 하였다. 방사선관리구역의 선량 및 오염측정에 대해 고려해야할 주요 사항으로는 방사선/능 계측기의 검교정 상태 및 적절한 에너지 및 방사선의 특징을 고려한 계측기의 사용이다.

방사선측정기의 활용 시 주의해야할 점으로는 방사선량을 측정할 경우에는 선원으로 부터 오염되는 경우가 흔하지 않지만, 방사능량을 측정할 경우 밀봉되지 아니한 선원의 사용으로 인하여 계측기가 오염이 되는 경우 계측기의 정상 작동이 불가능해져 계측기를 폐기할 수도 있다. 따라서 계측기가 오염되거나 파손되지 않도록 주의하여 사용하여야 한다.

(12) 방사선(능) 계측기 검교정

방사선계측기의 검교정은 일반적으로 위탁기관에 위탁교정으로 대신하기 때문에 사용자가 고려할 점은 계측기의 노후와 및 유지 보수가 중요할 수 있다.

또한 계측기의 성능이 현저하게 불량한 상태로 운영된다면 이로 인한 방사선피폭선량의 평가 시 과소평가되어가 경우에 따라 과대평가될 수 있어 이로 인한 추가적 경제적 손실이 발생할 수 있다.

따라서 그림 20과 같이 교정기관에서 교정불가 판정이 나올 경우 즉시 계측기를 교체 해주어야 하며 주기적 성능 확인을 실시하여 계측기의 건전성을 유지해야 한다.

(10) 일반인 방사선관리구역 출입

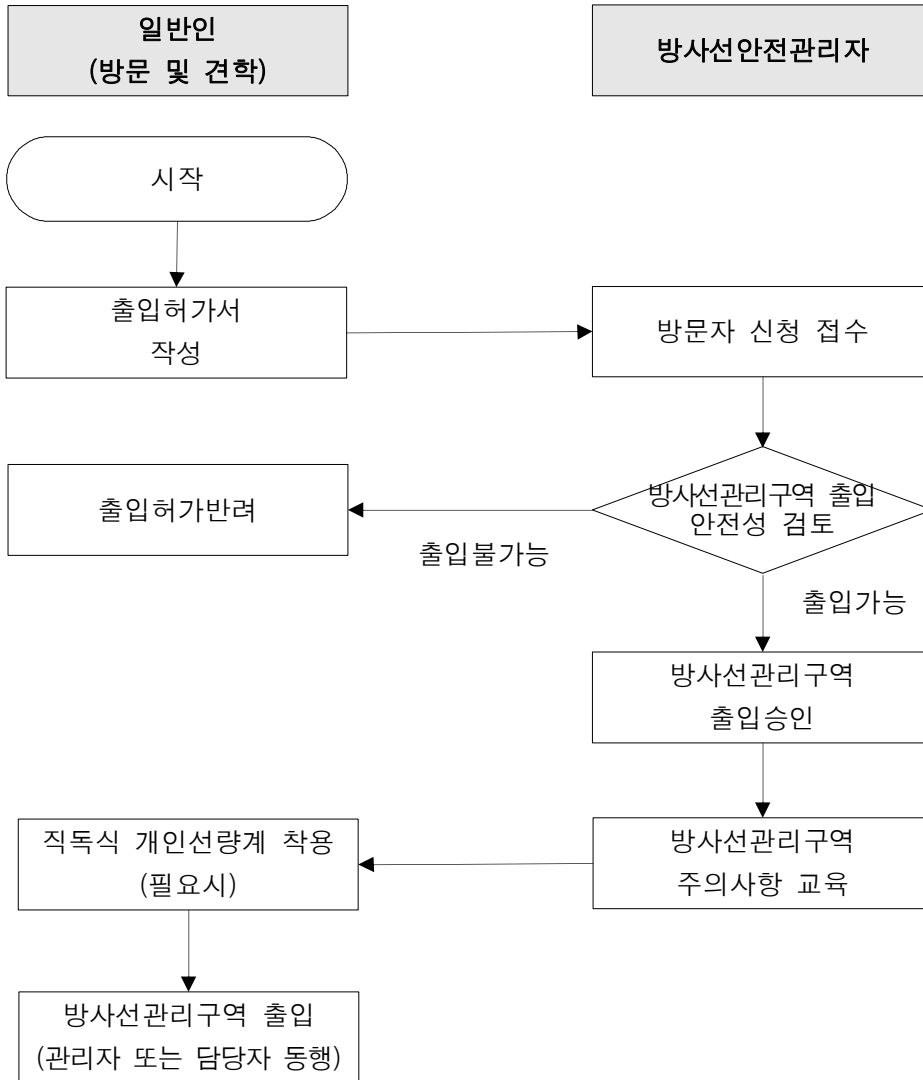


Fig. 18. The schematic diagram of an access procedure of general public.

(11) 관리구역 방사선량률 측정

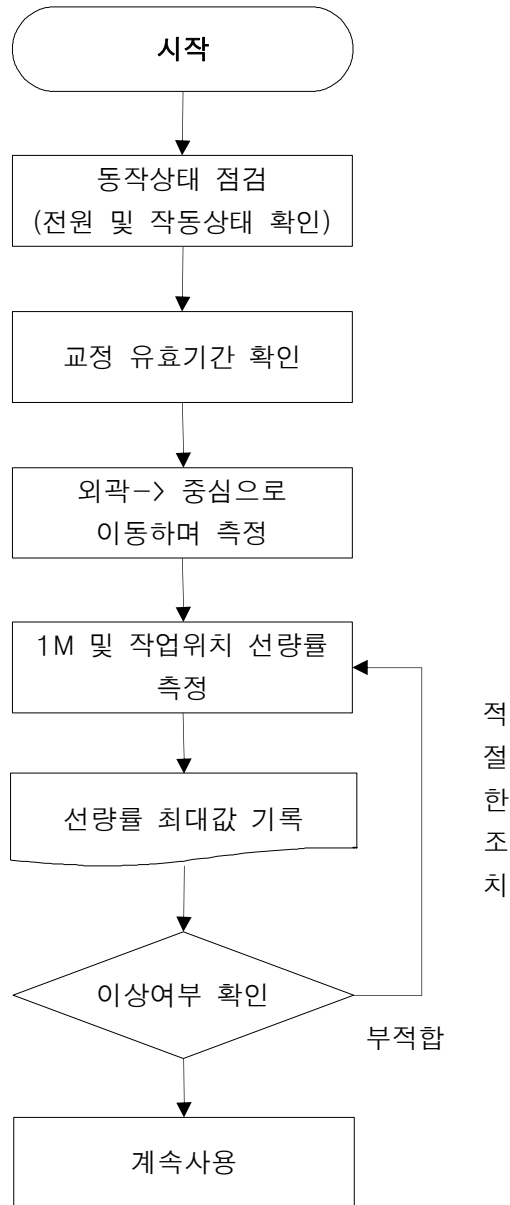


Fig. 19. The schematic diagram of a measurement of radiation dose and radioactive contaminations.

(12) 방사선(능) 계측기 검교정

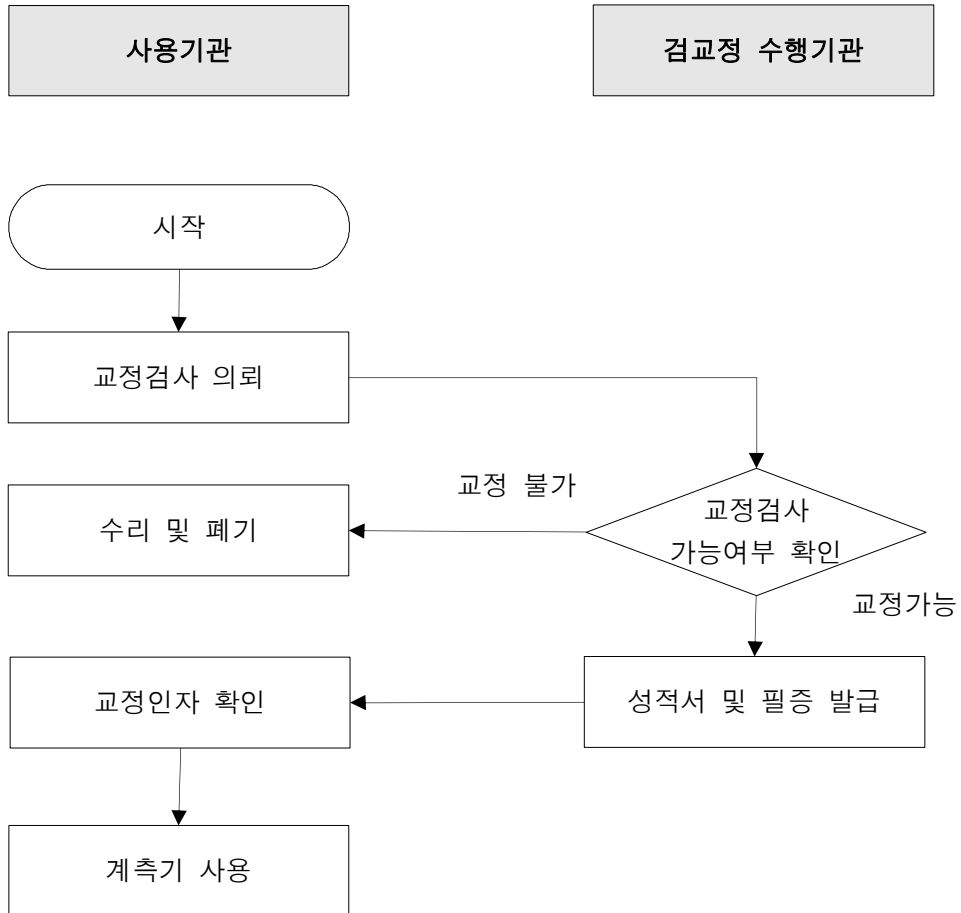


Fig. 20. The schematic diagram of a calibration of radiation safety control equipment.

(13) 방사선시설 비정상 상태 조치

방사선이용시설에서 갑작스런 사고가 발생할 경우 이에 대한 즉각적 조치가 절차화되어 있지 않으면 큰 사고로 확대될 수 있다. 따라서 이에 대해 가장 필요한 조치 절차를 그림 21과 같이 도식화 하였다.

방사선시설의 비정상상태에 대해 사용기관의 장과 방사선안전관리자는 다양한 사고 시나리오를 만들어 이에 대한 사고 대응방안에 대해 절차화 하여 운영하여야 한다.

또한 사용기관을 중심으로 주변의 일반인 거주 및 점유비율 등을 고려 하여 비상대응할 수 있도록 하여야 한다. 만약 사고로 인하여 시설내의 방사선원이 유실, 파손, 화재로 인한 파괴가 이루어져 선원이 비산하여 주변을 오염시킬 우려가 있을 경우에는 방사선(능)에 대한 환경영향 평가도 사전에 준비하여야 한다.

(14) 정기검사

방사성동위원소 등의 생산·판매·사용·이동사용 또는 대행업무를 하는 원자력관계사업자의 경우 원자력안전법제56조에 따른 검사를 받아야 한다.

검사에는 정기검사와 시설검사로 구분하여 볼 수 있으나 여기서는 인허가와 관련된 시설검사는 제외하고 정기검사에 대해 도식도를 그림 22와 같이 작성하였다.

정기검사의 경우도 현장에서 받는 현장검사와 서면으로 대신하는 서면 정기검사가 있다. 서면 정기검사 대상일 경우 자체점검사항을 보고서로 만들어 제출 하도록 되어 있는 “자체점검보고서”가 있다.

(13) 방사선시설 비정상 상태 조치 25)

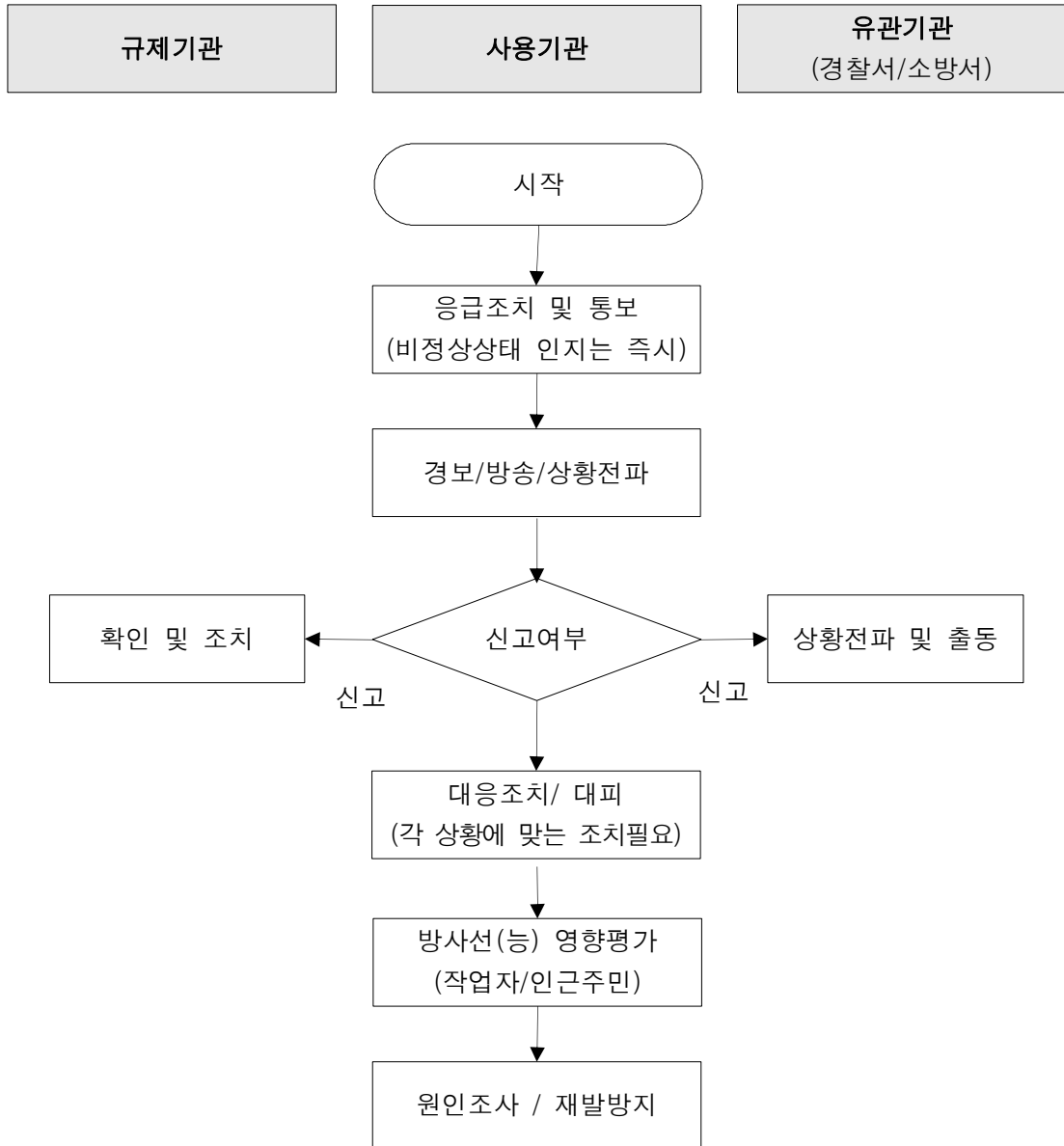


Fig. 21. The schematic diagram of a measure for abnormal state.

25) 원자력안전위원회고시 원자력이용시설의 사고.고장 발생 시 보고.공개 규정

(14) 정기검사

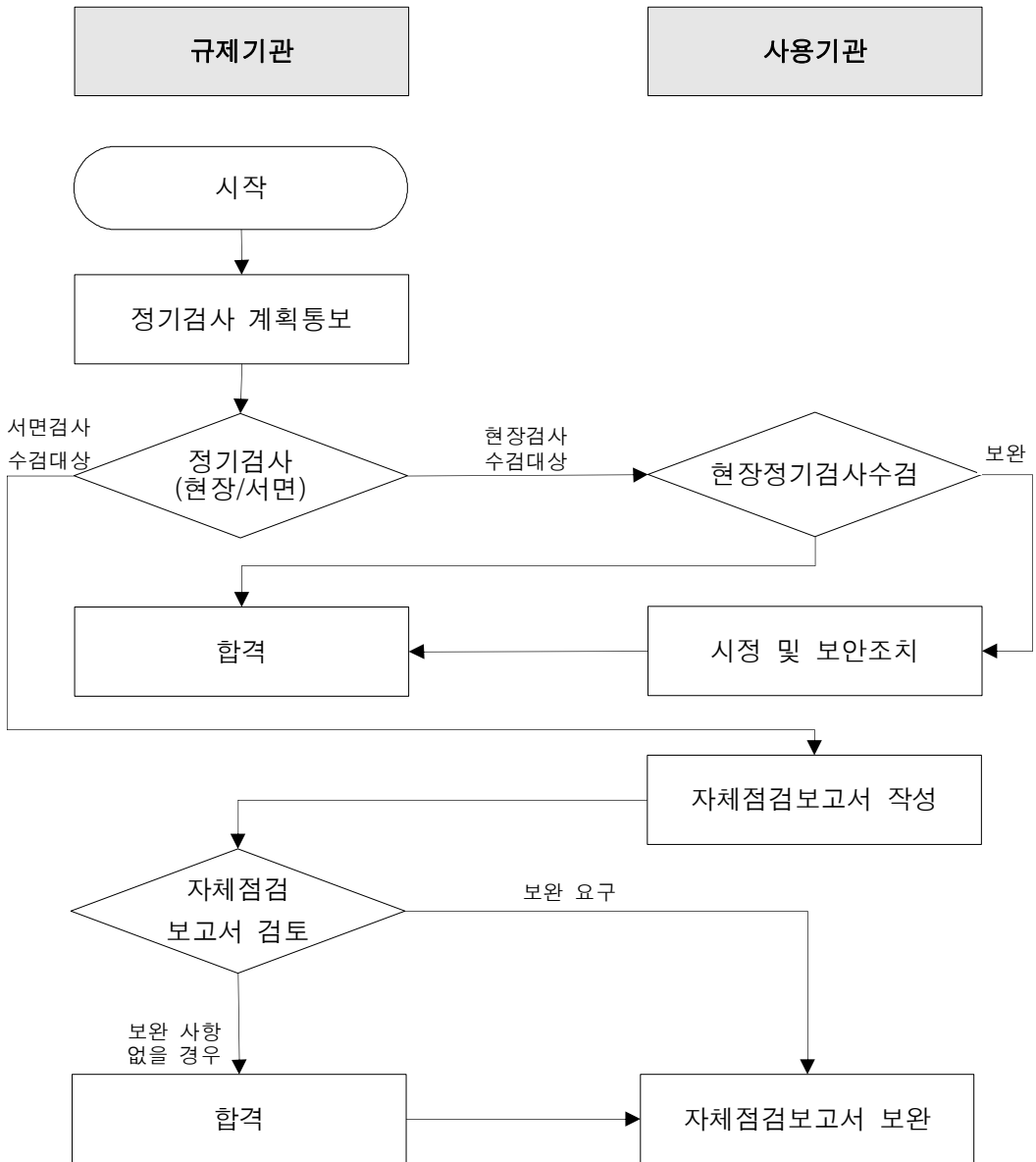


Fig. 22. The schematic diagram of a periodic inspection.

3. 절차서 개발

가. 표준절차서 항목 및 포함될 내용

국내 원자력발전소는 형식에 따라 원자력발전소의 특성에 맞는 절차서와 형식에 관계없이 모든 원자력발전소에 적용가능한 표준절차서를 개발하여 사용함으로써 신뢰성, 효율성, 안전성을 확보하면서 운영효율을 높이고 있는 좋은 사례를 가지고 있다. 본 연구를 통해 개발될 표준절차서도 다양한 허가종류에 적용이 용이한 표준화 된 절차서를 개발하는데 그 목적이 있다. 본 연구를 통해 적용될 분야는 RI(radioisotope) 생산, 비밀봉 RI 사용, 비밀봉 RI 판매, 밀봉 RI 판매, RI 이동, RG(radiation generator) 생산, RG 사용, RG 판매, RG 이동이며, 모두 적용이 가능한 표준절차서와 일부 분야만 적용이 가능한 표준절차서가 개발될 것으로 본다. 현재 개발예정인 표준절차서는 총 11개로 표준절차서명과 절차서에 포함될 주요 내용을 정리해 보았다.

1) 출입관리

- 가) 방사선관리구역 출입절차 (오염 및 비오염 지역으로 구분)
- 나) 방사선작업허가서 작성
- 다) 긴급 시 방사선안전관리
- 라) 교육훈련
- 마) 건강검진

2) 방사선(능) 측정

- 가) 방사선(능) 측정

3) 제염

- 가) 개인피폭 및 소지품에 대한 오염검사 및 제염
- 나) 지역 및 장비제염

4) 누설점검

- 가) 누설점검 절차

- 5) 방사선(능) 계측기 운영
 - 가) 방사선(능) 계측기 관리절차
 - 나) 방사선(능) 계측기 교정 등

- 6) 방사성폐기물관리
 - 가) 방사선관리구역내 방사성물질 처리
 - 나) 방사성물질 저장 및 보관
 - 다) 기체 및 액체 폐기물 배기 배수

- 7) 자체처분
 - 가) 자체처분 절차

- 8) 동위원소 관리
 - 가) 동위원소 구매, 사용

- 9) 방사성물질 이동
 - 가) 방사성물질의 운반
 - 나) 방사성물질의 인수 및 포장운반

- 10) 비상대응
 - 가) 비상시 대응절차
 - 나) 방사선 응급의료 구호
 - 다) 방사선관리구역 유해물질 등의 관리

- 11) 피폭관리
 - 가) 선량계 훼손 또는 분실자 선량평가 절차
 - 나) 내부피폭 방사선량 측정 및 평가
 - 다) 방사선 피폭최소화 운영(ALARA)

그리고 개발될 표준절차서별 적용분야를 표 35 표준절차서별 적용분야에 정리하였다.

Table 35. Applications of standard procedures

순서	표준절차서 명	적용 분야
1	출입관리절차	모든 분야 : RI ²⁶⁾ 생산, 비밀봉 RI 사용, 비밀봉 RI 판매, 밀봉 RI 판매, RI 이동, R G ²⁷⁾ 생산, RG 사용, RG 판매, RG 이동
2	방사선(능) 측정	모든 분야
3	제염	비밀봉 RI 사용, RI 생산
4	누설점검	밀봉 RI 사용, 밀봉 RI 생산
5	방사선(능) 계측기 운영	모든 분야
6	방사성폐기물관리	비밀봉 RI 사용, RI 생산
7	자체처분	비밀봉 RI 사용, RI 생산
8	동위원소 관리	모든 분야
9	방사성물질 이동	모든 분야
10	비상대응	모든 분야
11	피폭관리	모든 분야

26) RI (radioisotope)

27) RG (radiation generator)

나. 표준절차서 예시

국내에서 허가를 받은 기관 중 원자력발전소 및 연구소 등 일부 기관을 제외하고는 대부분 안전관리규정에 포함된 절차만을 사용하고 있으며, 경우에 따라 지침서 및 안내책을 개발하여 사용하고 있는 기관도 있다.

그러나 대부분의 허가기관은 최초 허가 및 변경 허가 시에만 안전관리규정을 작성한 후 개정하지 않고 사용 중이며, 명기된 내용 또한 방사선안전관리 업무분석을 통해 작성되어 있지 않고 간략하게 서술하고 있다.

또한 안전관리규정 절차에는 방사선작업을 수행하는 작업부서에서 공람하여야 할 내용이 있음에도 불구하고, 안전관리규정에 명기된 절차들이 절차서로 분리되어 개발되어 있지 않아 안전관리규정과 관련 없는 절차가 포함되어 공람의 어려움도 있다. 그림 23에서와 같이 표준절차서의 작성 예시이다.

 ABC 주식회사	안전관리규정 표준절차서
---	--------------

절차서 제 목	방사선관리구역 출입관리	개정 번호 0																																																																								
<p> ■ 적용 분야 / 표준절차서 개발 후 배포 시 체크된 분야만 적용이 용이함 </p> <p> <input type="checkbox"/> RI 생산 <input type="checkbox"/> 개봉 RI 사용 <input type="checkbox"/> 밀봉 RI사용 <input type="checkbox"/> 개봉 RI 판매 <input type="checkbox"/> 밀봉 RI 판매 <input type="checkbox"/> RI 이동 <input type="checkbox"/> RG 생산 <input type="checkbox"/> RG 사용 <input type="checkbox"/> RG 판매 <input type="checkbox"/> RG 이동 </p> <p> ■ 절차서 개정 이력 / 개정 번호별 절차서 이력 기록지와 일치해야함 </p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th style="width: 8%;">개정 번호</th> <th style="width: 22%;">작성자 소속</th> <th style="width: 15%;">작성자</th> <th style="width: 15%;">검토자</th> <th style="width: 15%;">승인자</th> <th style="width: 25%;">개정일자</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table> <p> ※ 개정일자는 승인일자와 동일함 </p>			개정 번호	작성자 소속	작성자	검토자	승인자	개정일자	0						1						2						3						4						5						6						7						8						9						10					
개정 번호	작성자 소속	작성자	검토자	승인자	개정일자																																																																					
0																																																																										
1																																																																										
2																																																																										
3																																																																										
4																																																																										
5																																																																										
6																																																																										
7																																																																										
8																																																																										
9																																																																										
10																																																																										

Fig. 23. The example form of a standard procedure.

개정 번호별 절차서 이력기록지		개정 번호
		0
■ 절차서 제목 : 방사선관리구역 출입관리		
작성, 검토, 승인된 유효한 절차서인지 확인		
구 분	소 속	성 명
서 명	날 짜	
작 성 자		
검 토 자		
승 인 자		
순서	개 정 내 용 (개 요)	개정사유
1	개정 당위성 제시	
2		
3		
4		
5		


Fig. 23. The form of standard procedure(con't).

개정 번호별 관련 부서(팀) 공람 기록지					개정 번호
					0
■ 절차서 제목 : 방사선관리구역 출입관리					
작업부서 등 해당 절차서의 속지가 필요한 부서에 공람 ⇒ 추후 필요 시 배부					
구 분	소 속	성 명	서 명	날 짜	
관련부서(팀) 공람					
관련부서(팀) 공람					
관련부서(팀) 공람					
관련부서(팀) 공람					
관련부서(팀) 공람					
관련부서(팀) 공람					

순서	개 정 내 용 (개 요)	개정사유
1		
2		
3		
4		
5		

ABC ABC 주식회사

Fig. 23. The form of standard procedure(con't).


 ABC 주식회사	안전관리규정 절차서		개정번호 : 0
	절차서 제목	방사선관리구역 출입관리	페이지 : 1 / 11

—

본문 생략

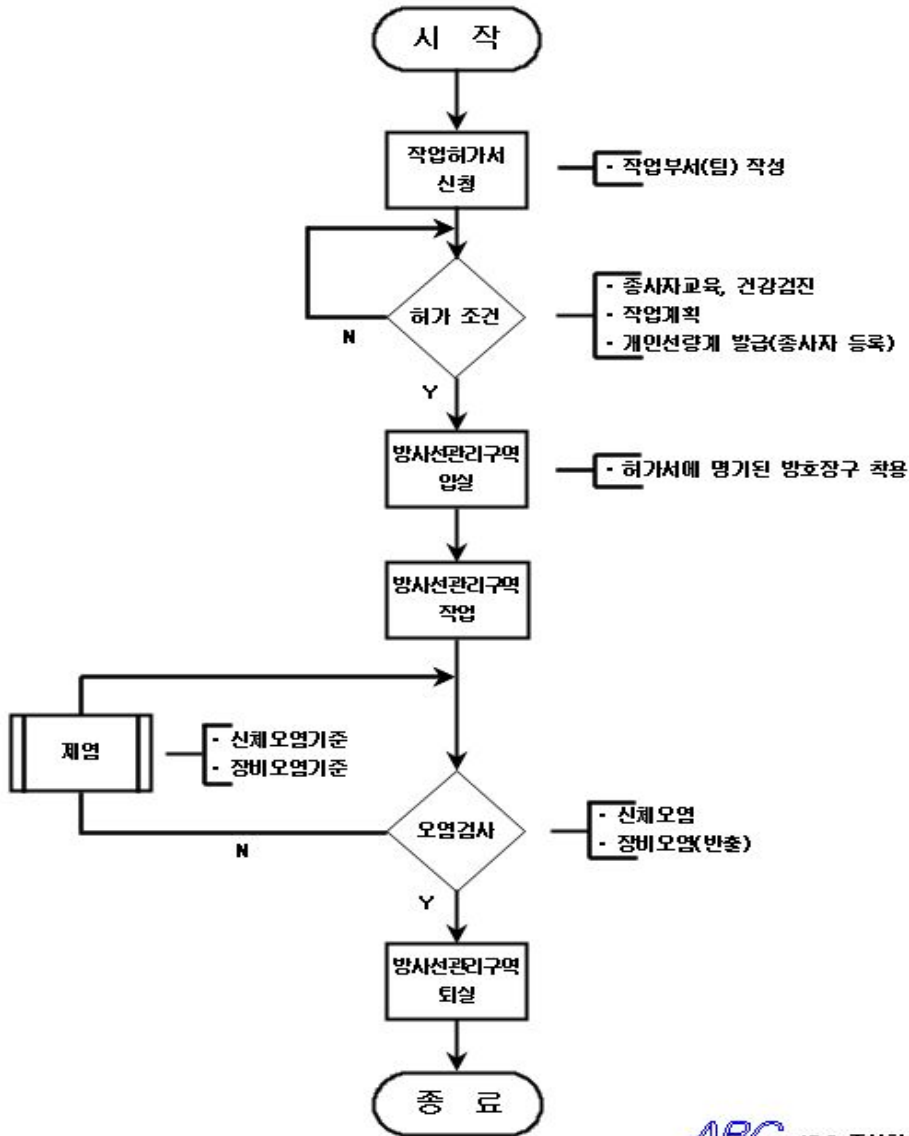

 ABC 주식회사

Fig. 23. The form of standard procedure(con't).

 ABC 주식회사	안전관리규정 절차서		개정번호 : 0
	절차서 제목	방사선관리구역 출입관리	페이지 : 1 / 11

붙임

방사선관리구역 출입 흐름도



 ABC 주식회사

Fig. 23. The form of standard procedure(con't).

4. 통합관리를 위한 Sequence 도면 설계

방사선안전관리를 위한 프로그램을 개발 시 방사선안전관리자와 프로그램개발자간의 업무 흐름에 대한 이해 부족으로 어려움이 많았다. 이를 개선하고자 14개의 업무도식도(Process Map)를 가지고 통합안전관리 소프트웨어를 구축하기 위한 Sequence 설계 작업을 수행하였다. 통합안전관리 소프트웨어는 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업 종사자 이력 및 작업관리, 실시간 지역감시, 배출관리, 물품반출입 관리, 방사선량 및 오염감시 등 총 6개 모듈에 대해 13개의 Sequence 도면을 작성하였다.

가. 방사선관리 구역 출입관리 모듈

출입관리 모듈은 그림 24와 같이 출입문과 연동되는 출입관리, 출입카드, 방사선관리 DB(database)가 연동되어 운영되어야 한다. 운영프로그램에 주요 기능은 출입문, 출입카드, 작업허가사항, 선량측정 데이터 및 CCTV(closed-circuit television)가 연동되는 기능을 포함되어야 한다. 추가로 CCTV에 연결되어 기록을 유지관리하기 위한 DVR(digital video recorder) 기기가 추가로 장착되어 있어야 한다.

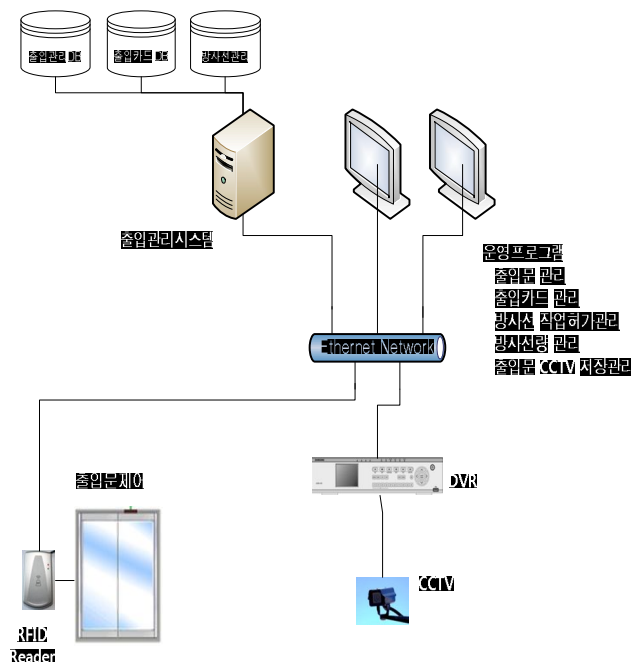


Fig. 24. The schematic design of an access control module.

1) 출입관리 모듈 프로그램 설계 시 고려사항들

가) DB 구성

- (1) 출입관리 DB - 방사선 이용시설 출입자의 출입허가 및 이력관리, 방사선작업허가, TLD관리
- (2) 출입카드 DB - 출입관리 모듈 관련 출입 리더기 및 출입카드 관리.
- (3) 방사선관리 DB - 방사선 선량관리.

나) 프로그램 설계

(1) 분산 설치 환경 설계

관리 모듈의 설계 시 고려되어야 사항으로는 그림 24에서와 같이 ① 개별 시스템 부하를 방지해야 하며, ② 시스템의 확장성을 고려하여 개별 프로토콜을 통일시켜야 한다. ③ 시스템의 개별 안정성을 확보해야 하며 ④ 시스템의 최적화가 필요하다. 또한 어플리케이션, 통신서버, 데이터베이스 분산을 고려한 설계가 이루어져야 한다.

(2) 관리 데이터 설계

관리 데이터에는 ① 출입자 관리, ② 출입장소 관리, ③ 출입카드 관리, ④ 방사선 작업허가 관리, ⑤ 방사선량 관리, ⑥ 출입자 CCTV 관리에 관련된 데이터관리 방안을 고려해야 한다.

(3) 출입 데이터 관리

출입 데이터 관리는 ① 실시간 출입현황 관리, ② 출입데이터 검색 및 통계, ③ 방사선 작업허가 데이터 검색, ④ 방사선량 데이터 검색, ⑤ 출입 이벤트 관리 - SMS(short message service) 및 E-Mail 전송, ⑥ 모든 출입 LOG 관리가

(4) 출입문 상태 모니터링 및 제어

다) 입실 및 퇴실 Sequence 도면

입실에 관련된 가장 중요한 절차는 그림 25에서와 같이 방사선작업이 허가여부를 확인할 사항이다. 즉 방사선작업계획서를 검토 받아 허가증이 발급되지 않았을 경우 방사선 작업계획서를 작성해야 한다.

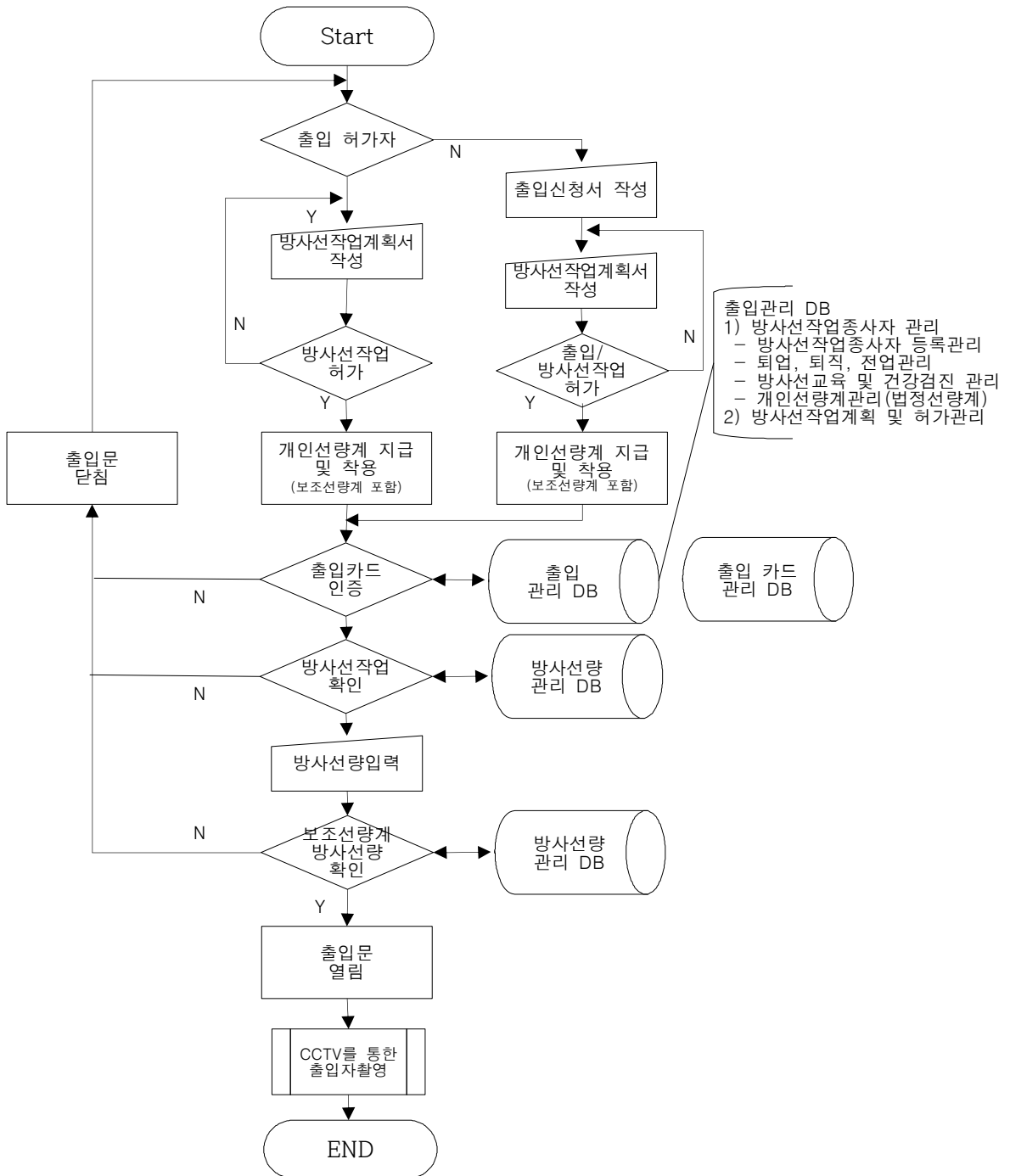


Fig. 25. The sequence chart of an access control(Entering).

퇴실의 경우 가장 중요한 점은 퇴실 직전에 오염검사를 확인하고 오염검사를 통과하지 못할 경우 그림 26에서와 같이 출입문이 열리지 않도록 설계해야 한다. 이와 관련 되어 출입시 필요한 출입관리 DB와 출입카드 및 방사선량관리(오염도 포함)되는 데이터베이스가 연동되어 운영되어야 한다. 경우에 따라 CCTV의 출입자를 촬영하는 이유는 다른 사람의 출입카드를 가지고 출입하는 경우를 방지하기 위한 보조 수단이다.

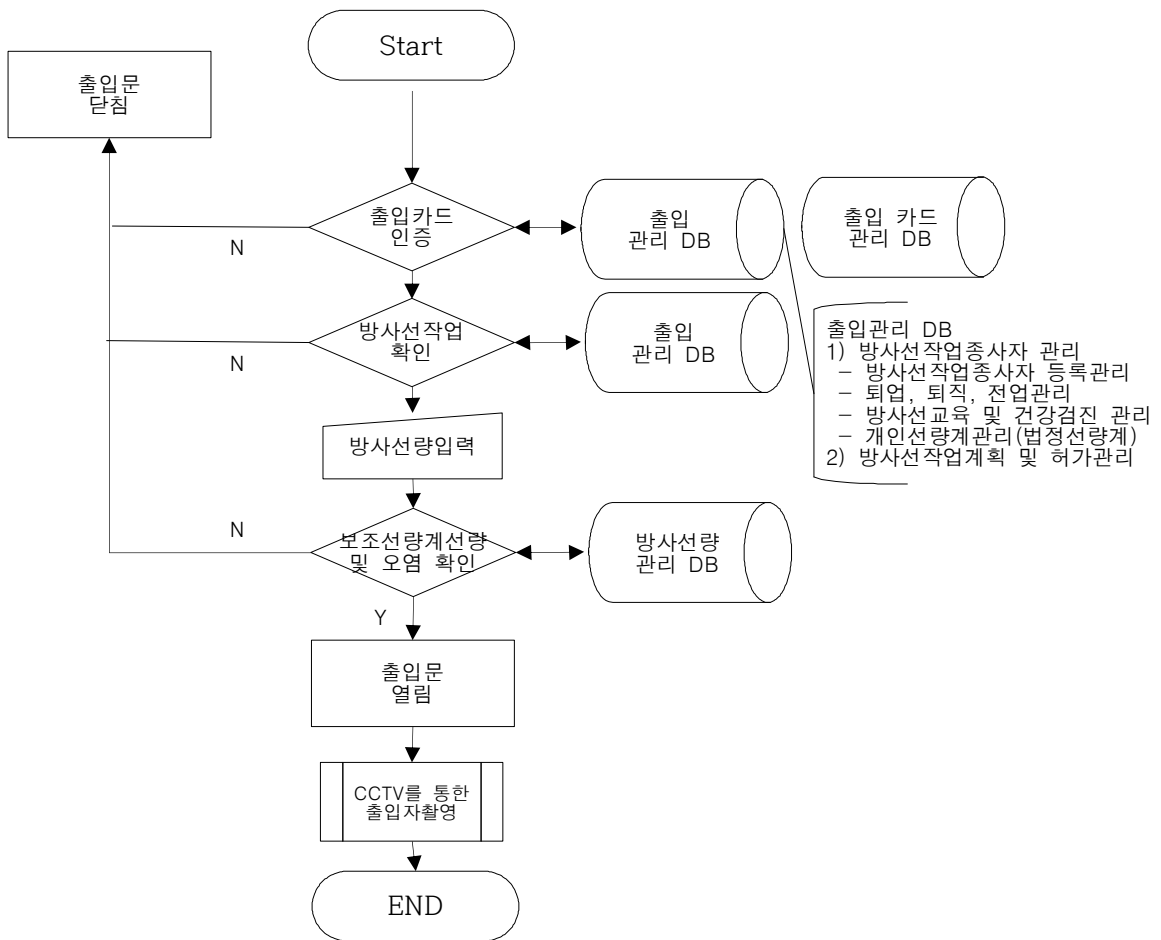


Fig. 26. The sequence chart of an access control(Leaving).

나. 방사선작업종사자이력 및 작업허가 관리모듈

방사선작업종사자이력 및 작업허가 관리모듈은 그림 27에서와 같이 출입관리와 방사선관리 DB가 연동되어 작동되어야 작업종사자의 이력 및 작업허가관리가 관리될 수 있다. 운영프로그램에는 방사선작업종사자를 관리하기 위해 1) 방사선작업종사자의 등록관리 현황, 2) 퇴직, 퇴업 현황, 3) 방사선작업자에 대한 교육이수현황 및 건강관리현황이 필요하며 이와 연관된 방사선작업계획 및 허가된 현황 DB와 연동이 필요하다.

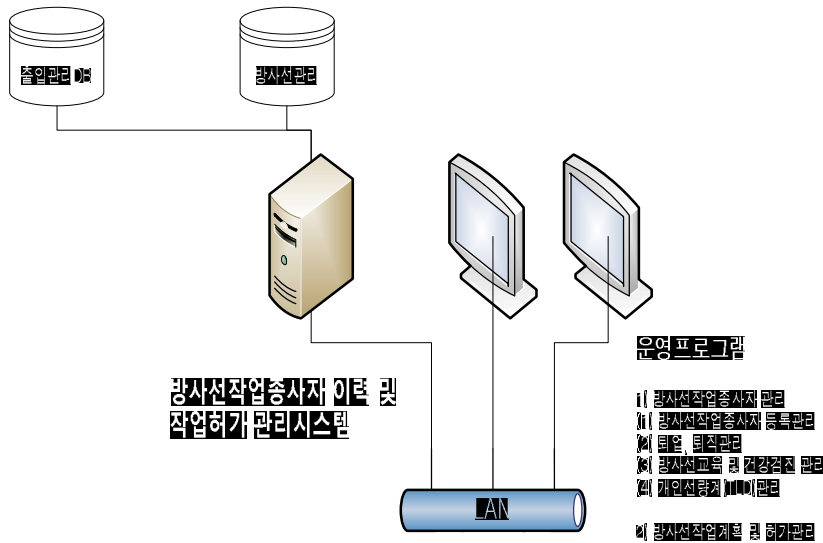


Fig. 27. The schematic design of a control module for record of a radiation worker & work permissions.

1) 방사선작업종사자 이력 및 작업허가 관리모듈 프로그램 개발 시 고려사항

- 가) DB 구성은 (1) 출입관리 DB - 방사선작업종사자 관리, 방사선작업계획 및 허가관리 (2) 방사선량 관리 DB - 피복선량관리로 구성되어야 한다.
- 나) 방사선작업종사자 관리 데이터 설계 시 방사선작업종사자 이력 및 작업허가 관리에 ① 방사선작업종사자 등록관리, ② 퇴업, 퇴직, 전업 관리, ③ 방사선 교육 및 건강검진 관리, ④ 개인선량계(법정선량계 및 보조선량계)관리가 고려되어야 한다. 또한 방사선작업계획 및 허가관리와 연동되어야 한다.

다) 종사자 등록 및 이력관리 Sequence 도면

종사자 등록 및 이력관리 시 그림 28의 흐름과 같이 원자력안전법에서 규정된 교육수료 여부, 건강진단 결과를 제출하여 출입관리 데이터베이스에 자료를 등록해야 한다. 이 모든 작업이 마무리 되면 방사선작업종사자로 등록을 함과 동시에 개인의 법정선량계를 지급하여야 한다.

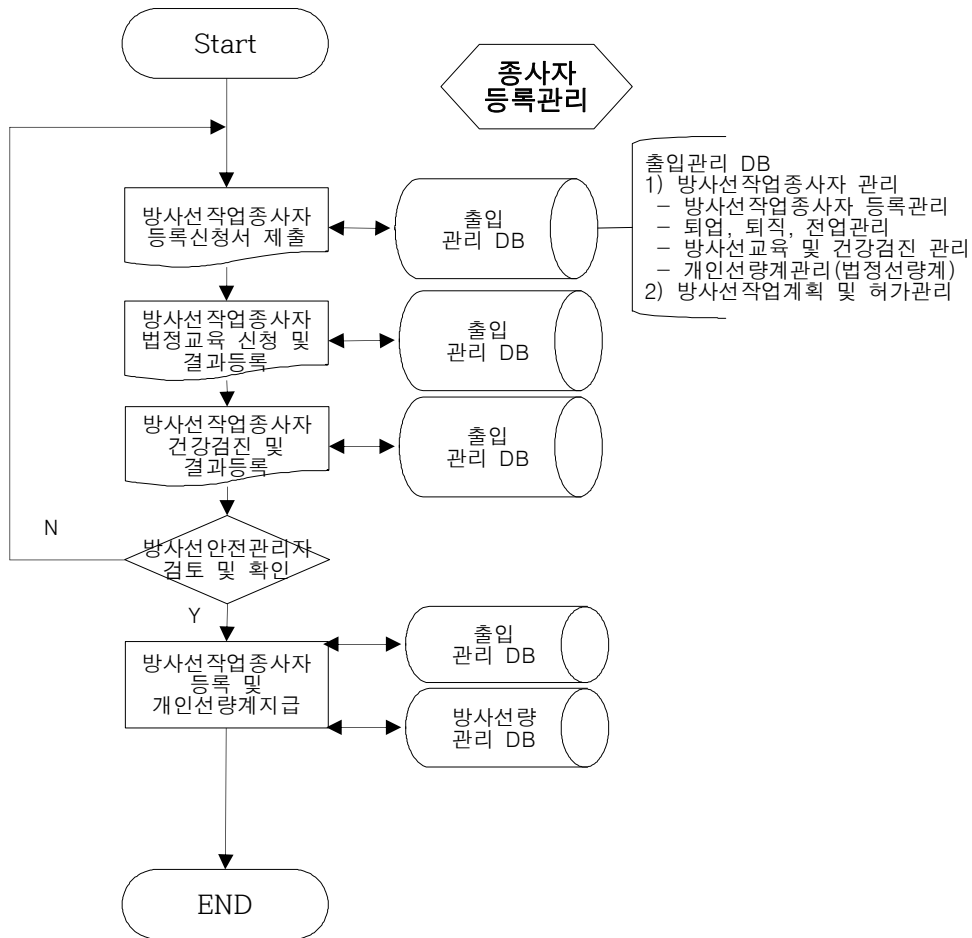


Fig. 28. The sequence chart of a registration of a radiation worker.

그림 29에서 방사선 작업허가 시 고려할 프로세스는 방사선작업자로 적절성 여부를 확인해야 하는 절차이다. 교육, 건강검진, 개인피폭선량의 초과여부를 확인하는 절차가 완료된 이후 방사선작업허가가 이루어진다.

출입관리DB에는 방사선작업종사자로 등록된 여부, 퇴업, 전업 및 퇴직에 대한 여부 및 교육과 건강검진 이수 여부 기록이 보관관리 되어야 한다.

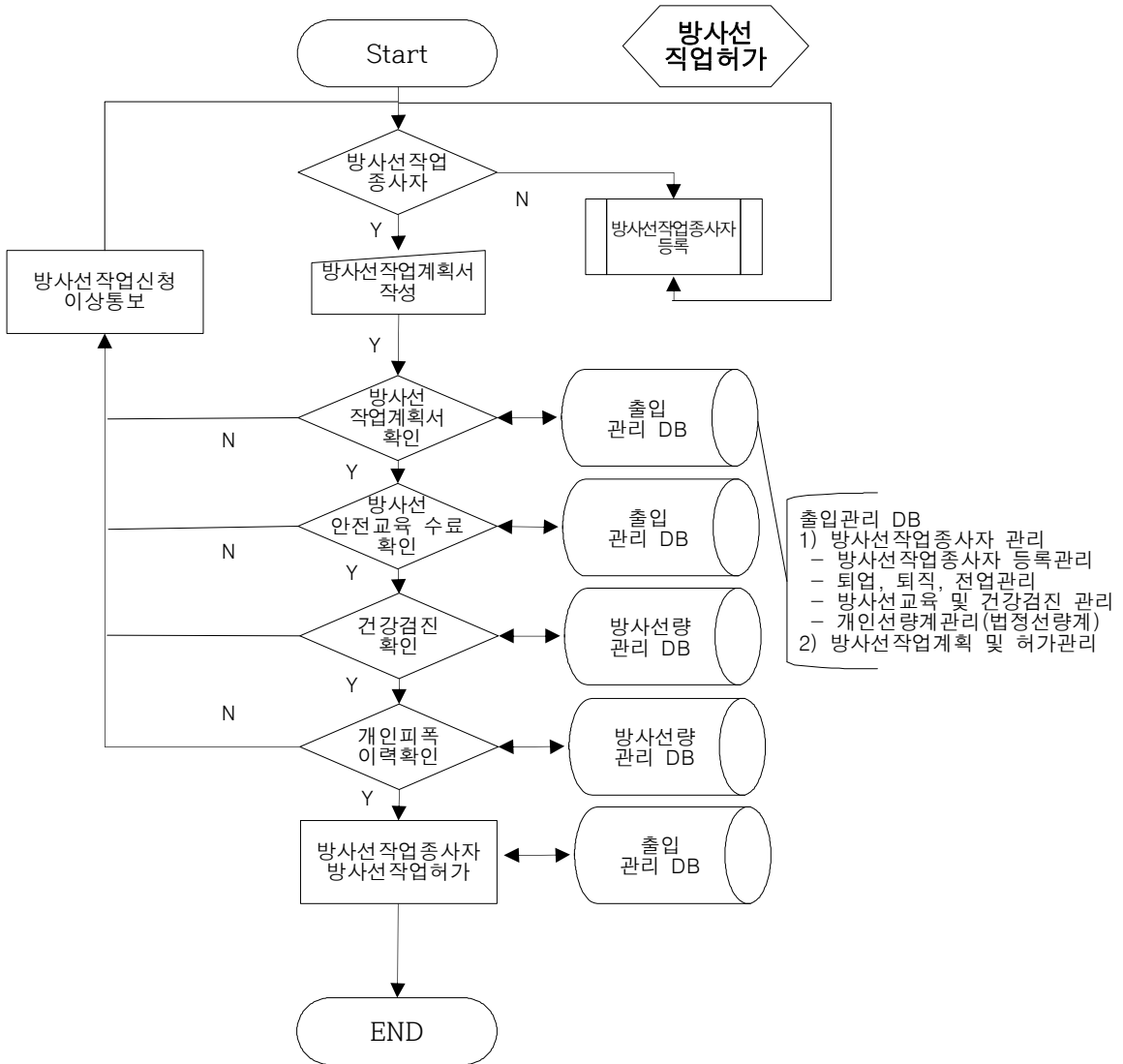


Fig. 29. The sequence chart of a radiation works permissions.

다. 방사선연속감시 모듈

방사선연속감시 모듈 구성 시 주의할 점은 그림 30에서와 같이 실시간 자료가 연동되어 기록되어야 하는 데이터들을 잘 연결 시켜줘야 한다. 즉 연속된 감시에 필요한 방사선감시와, 중앙관제 및 이와 연동되어 자료 화면을 보관할 CCTV를 함께 구성되어야 한다.

개별 모듈에 대해 프로그램구성에 필요한 사항과 프로세스 구성에 대하여 그림 31과 그림 32를 참조하여 설계에 반영하면 된다.

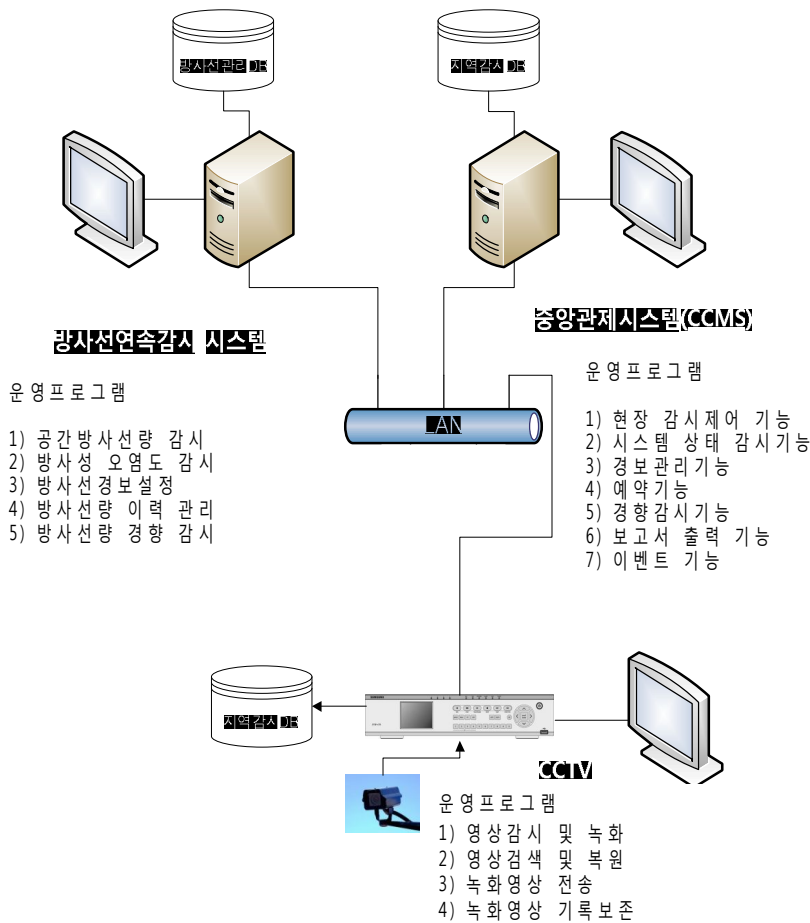


Fig. 30. The schematic design of a continuous monitoring module.

1) 방사선연속감시 모듈 프로그램 개요

가) DB 구성으로는 (1) 지역감시 DB - 방사선 사용시설 자동제어 데이터 관리, CCTV 영상관리와 (2) 방사선관리 DB - 방사선량률 관리, 배출가스 방사성 오염농도관리로 구성되어야 한다.

나) 프로그램 설계 시 방사선 연속 감시모듈에는 ① 감시 화면, ② 경보설정 화면 [배출관리 기준 설정], ③ 과거이력 및 관리화면, ④ 경향감시 화면, ⑤ 보고서 화면, ⑥ 데이터베이스 설계 및 ⑦ 통합관리모듈과 통신 인터페이스 설계가 고려되어야 한다.

방사선연속감시 모듈과 건물의 기계설비 자동제어 및 관리를 위한 중앙관제 시스템(central control and monitoring system ; CCMS)과의 연동을 위하여 ① 기계설비 자동제어 기능이 설계에 반영되어야 하며, ② 현장 감시 제어 기능 ③ 모듈 상태 감시 기능 ④ 경보 관리 기능 ⑤ 예약 기능 ⑥ 경향 감시 기능 ⑦ 보고서 출력 및 열람기능 ⑧ 이벤트 표시 기능 ⑨ 데이터베이스 ⑩ 디지털제어기와 통신 인터페이스 설계 ⑪ 통합관리모듈과 통신 인터페이스 설계 등이 고려되어야 한다.

CCTV 영상의 경우 ① 영상검색 및 복원, ② 녹화영상전송 통신 인터페이스 설계 ③ 녹화영상 백업기능을 갖추고 있어야 한다.

다) Sequence 도면에 있어서는 그림 31과 같이 구성이 되며, 일단 구역 및 공기에 대한 방사선량 및 공기 중 오염농도 측정결과 DB로부터 필요 자료가 연속감시 모듈에 전달되며 미리 설정된 오염농도 처리 및 방사선량 경보 값과 비교를 하여 DB에 입력된 값과 비교하여 최신 값을 DB에 저장하도록 한다.

이때 설정된 상한치 값을 넘을 경우 방사선 경보통지를 SMS문자 등을 통하여 작업자 및 방사선관리 인력에게 전달되어 상황에 대한 정보를 전파할 수 있도록 설계할 수 있다.

방사선량에 대한 기준은 시설에 따라 조정할 수 있으며, 일반적으로 방사선 관리구역 설정 값으로 시간당 최고 10 μ Sv/h이내로 설정할 수 있다. 경우

에 따라 기관별로 선량제한치를 설정하여 방사선 작업종사자의 선량을 최소화해야 할 경우 시간당 $1 \mu\text{Sv/h}$ 이내로 설정하고 이 값을 넘지 않을 경우 값을 기록으로만 남기고 계속 작업할 수 있으나 만약 이 값을 넘을 경우에는 원인을 찾아 원인을 제거 하여야 한다.

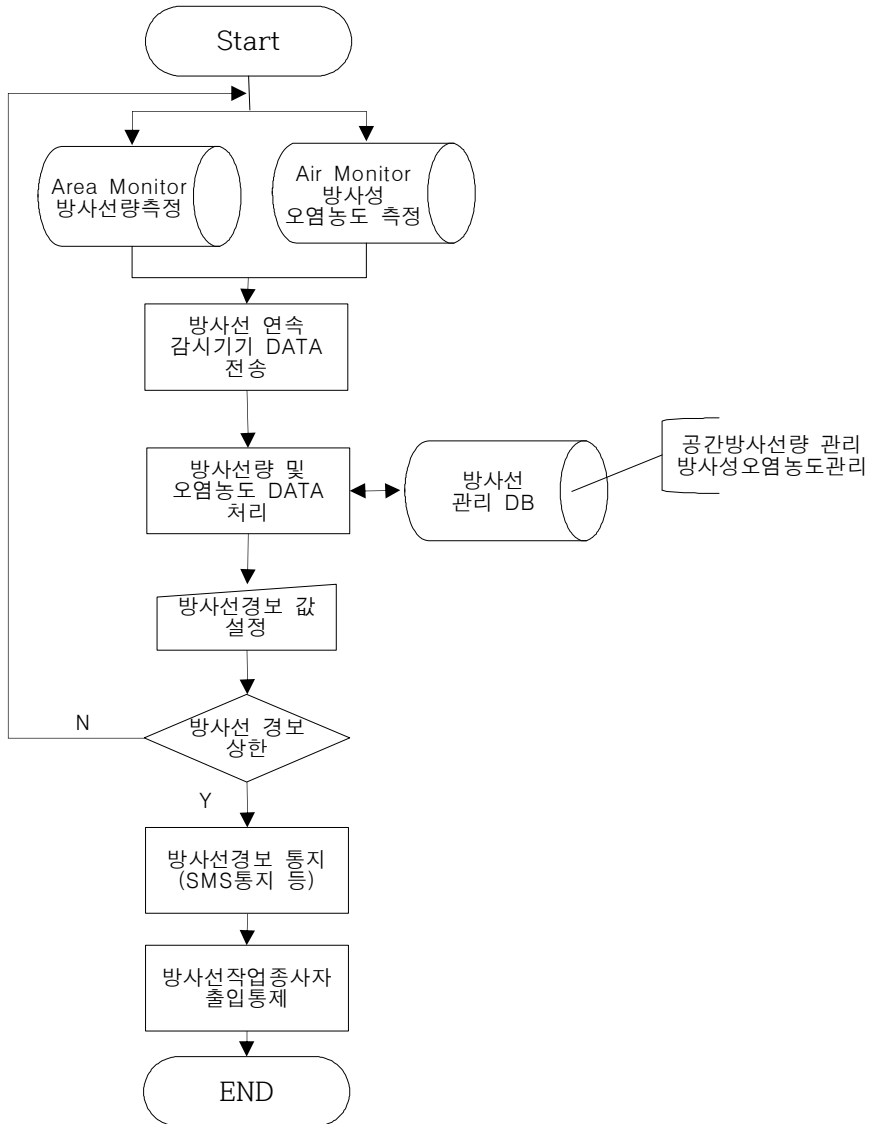


Fig. 31. The sequence chart of a radiation monitoring module.

중앙관제 시스템에는 공조설비와 연동으로 작동돼 공기 중 습분과 온도를 제어해 주는 열원설비로 냉온수기가 포함되어 운영된다.

이 경우 그림 32에서 제공하는 기본적인 Sequence 도면을 이용하여 각 시설의 특성에 맞추어 설계에 반영할 수 있다.

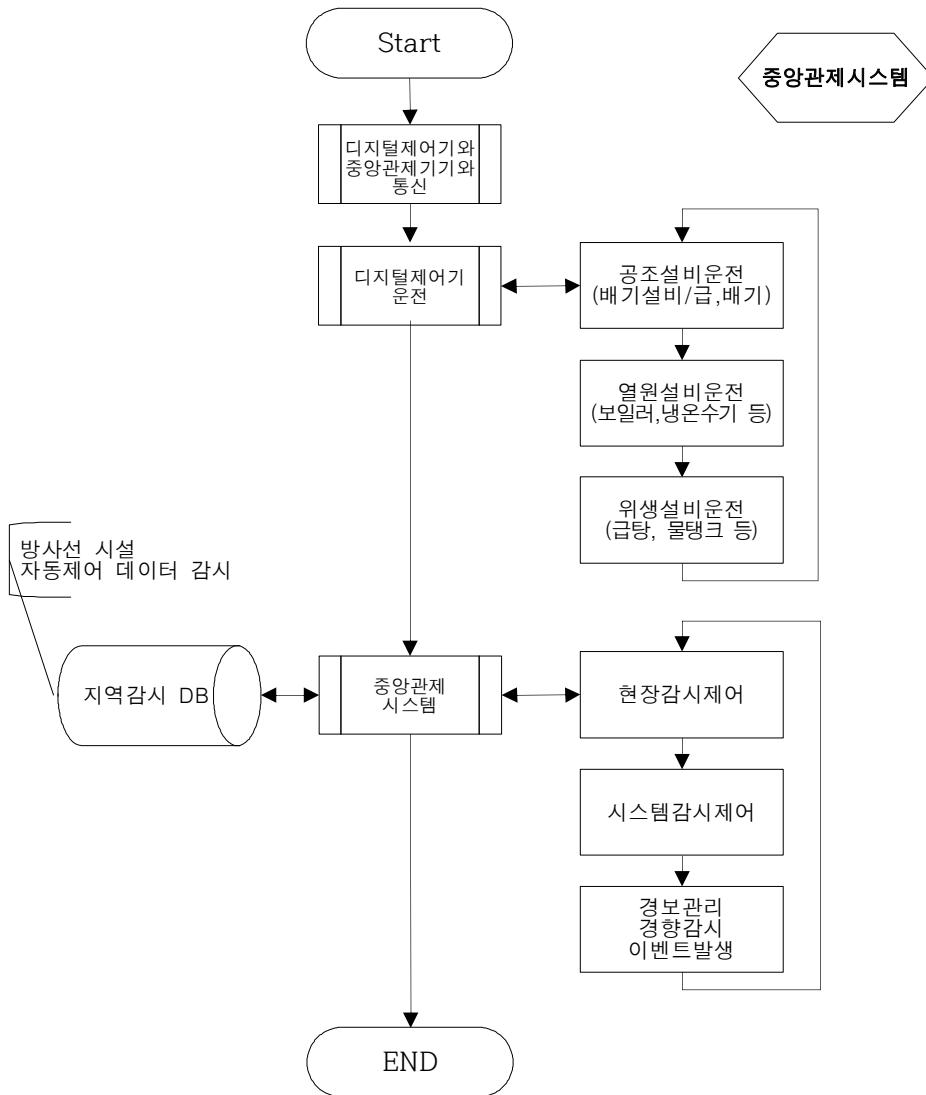


Fig. 32. The sequence chart of a CCMS 28).

28) central control and monitoring system

그림 33과 같이 CCTV의 경우 관심지역 영상에 대한 정보의 실시간 조회 및 영상의 검색, 저장 및 복원 기능을 고려하여 시스템을 구성한다.

이 경우 그림 33에서와 같이 기본적인 Sequence 도면을 이용할 수 있으며 개별 기관의 기기의 성능 또는 운영 절차에 맞게 고쳐서 사용이 가능할 수 있다. 최근 개인정보보호법에 따라 영상의 보존 및 열람이 중요해 짐에 따라 관리 운영상의 운영 절차를 별도로 만들어야 하며, 개인의 신상정보가 함부로 공개 되지 않도록 주의해야 한다.

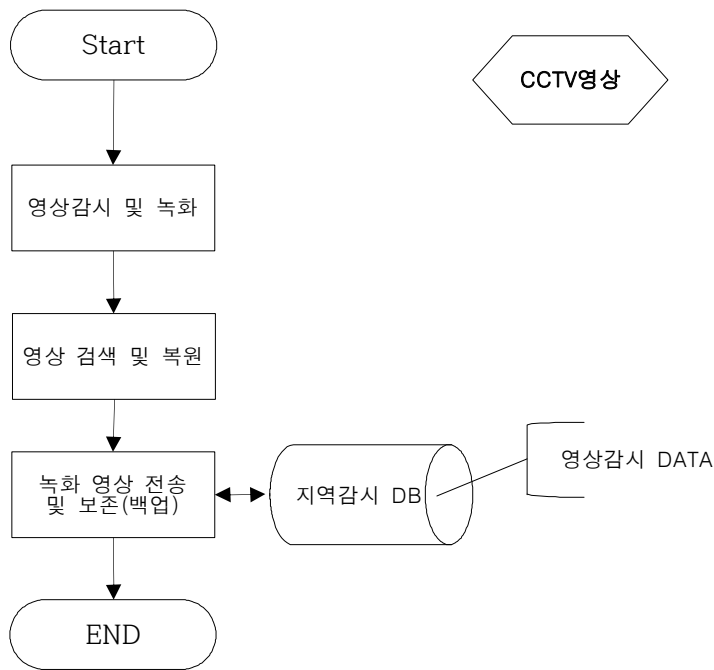
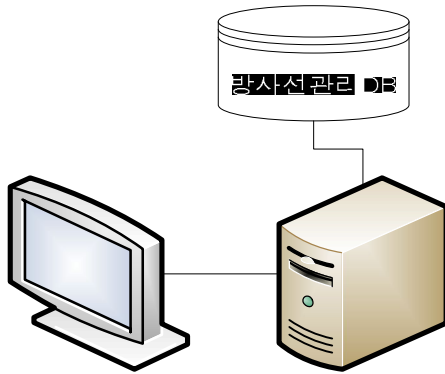


Fig. 33. The sequence chart of a CCTV.

라. 배출 (배기 및 배수) 감시 모듈

개봉선원을 사용하는 기관에 필요한 배기 및 배수 설비 감시 모듈은 그림 34와 같이 구성할 수 있다. 방사성 오염에 대한 공기 중, 수중 농도를 측정하여 관리하는 시스템과 각종 경보장치 및 화면 출력 장치로 구성될 수 있다.



배기 및 배수 모니터링 시스템

운영 프로그램

- | | |
|-------------------|--|
| 1) 방사성 오염농도 | |
| 2) 방사성 핵종 등록관리 화면 | |
| 3) 경보관리기능 | |
| 4) 경향감시기능 | |
| 5) 보고서 출력 기능 | |

화면

Fig. 34. The schematic design of a ventilation and drainage monitoring module.

1) 배기 및 배수 모니터링 모듈 프로그램 구성 시 고려사항

가) DB 구성은 방사선관리 DB에 배기 및 배수시설 방사능 농도 및 핵종 DB로 구성할 수 있다.

나) 프로그램 구성으로는 먼저 배기 및 배수설비 모니터링 모듈에 ① 방사성 물질에 의한 오염농도 및 방사선핵종 등록 관리화면이 설계에 반영되어야 한다. 또한 ② 경보 관리 기능이 설정되어야 하며, ③ 최근 배출 또는 배기 물

에 대한 경향을 감시할 수 있는 기능이 있어야 하고 마지막으로 ④ 통합관리모듈과 통신 인터페이스를 고려한 설계가 이루어져야 한다.

다) 배출관리에 관한 Sequence 도면은 그림 35에 나타나 있는 공기시료에 대한 배기 설비 모니터링과 그림 36에 표시한 배수설비에 대한 수중 농도관리 프로세스로 구분하여 볼 수 있다. 먼저 공기시료의 경우 공기의 샘플을 포집하여 이에 대한 농도 분석이 이루어지고 농도 값이 기존 설정된 농도 보다 높을 경우 이에 대한 값을 관련된 작업자나 방사선 안전관리자에게 SMS 등의 방법으로 통지할 수 있는 기능으로 흐름을 설계하면 유용하다고 판단된다.

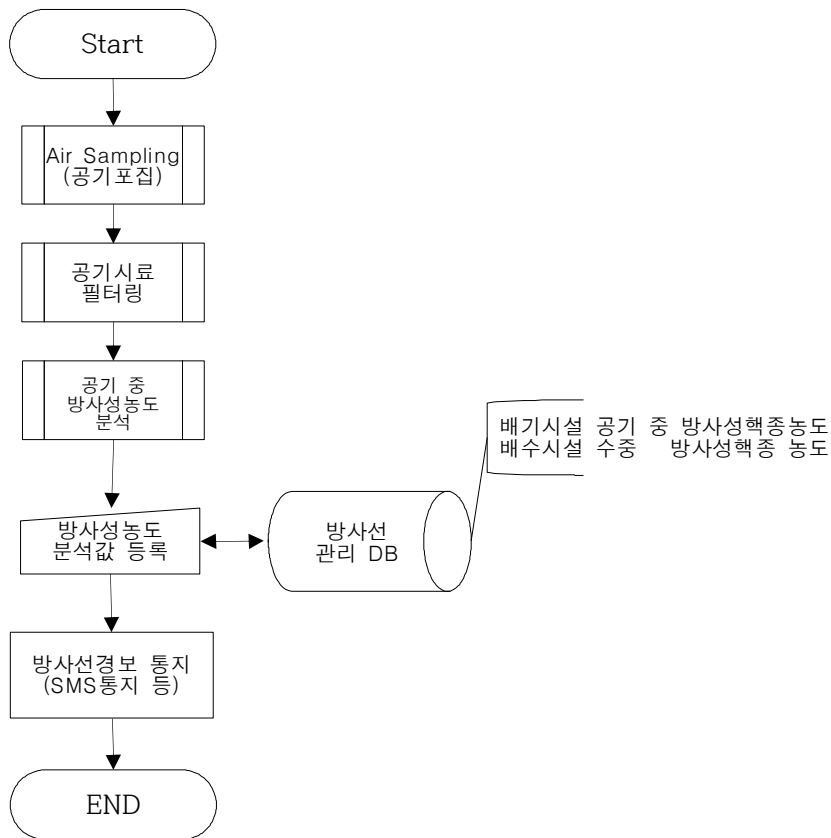


Fig. 35. The sequence chart of ventilation monitoring.

Sequence 도면은 그림 36에 있는 수중시료에 대한 Sequence 도면은 공기와 조금 달리 운영할 수 있다. 공기의 경우 연속적으로 배출이 되기 때문에 실시간으로 농도측정을 하는 것이 매우 중요하지만 수중의 경우 배수를 연속적으로 하지 않는 이상 일정기간 보관을 해서 농도 값이 배출허용 농도 값을 넘지 않을 경우 배수할 수 있기 때문에 공기시료와 약간 달리 운영할 수 있다. 이때 폐수 시료는 샘플을 포집하여 약간의 전처리를 통해 이에 대한 농도 분석을 하고 분석된 농도 값이 기존 설정된 농도 보다 높을 경우 공기 시료 경우와 달리 배수시스템이 작동되지 않도록 설계하는 것이 유용하다.

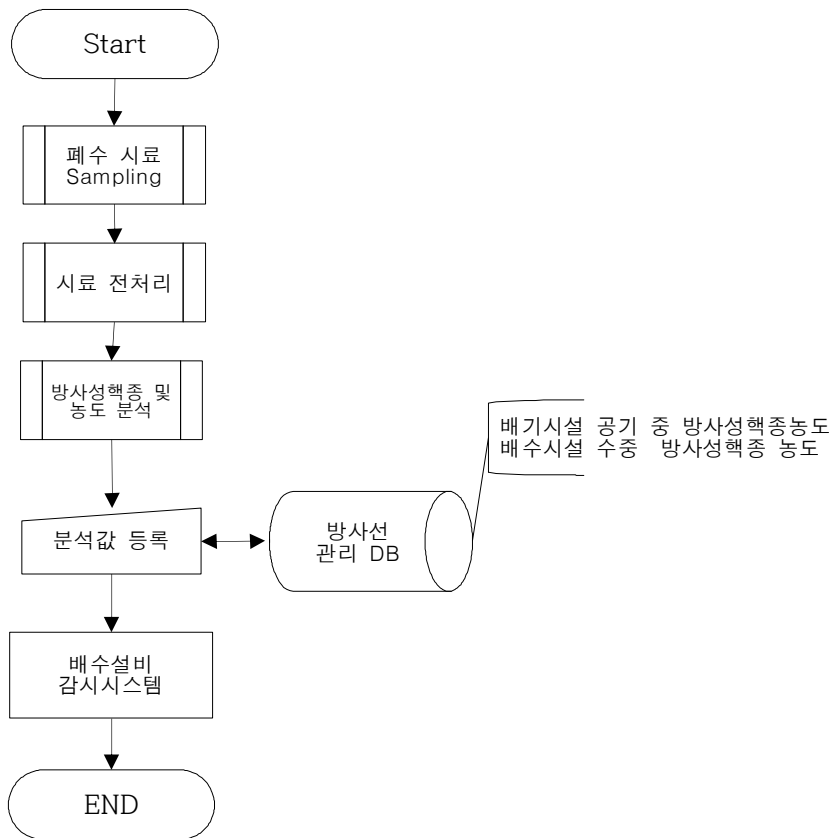


Fig. 36. The sequence chart of a drainage monitoring.

마. 물품 반출입관리 모듈

방사선관리구역을 출입하는 물품에 대해서는 오염에 대한 관리가 매우 중요하다. 이런 이유로 물품에 대한 반입과 출입관리 모듈을 그림 37와 같이 도식화 하였다. 이 모듈을 구성할 때 고려할 사항은 물품은 작업자가 소지하는 경우가 대부분이므로 작업자에 대한 출입카드에 대한 관리 및 작업자가 방사선 작업자 여부의 관리가 매우 중요하다 다음으로는 물품의 오염여부 등을 고려하여 구성하면 효율적이다.

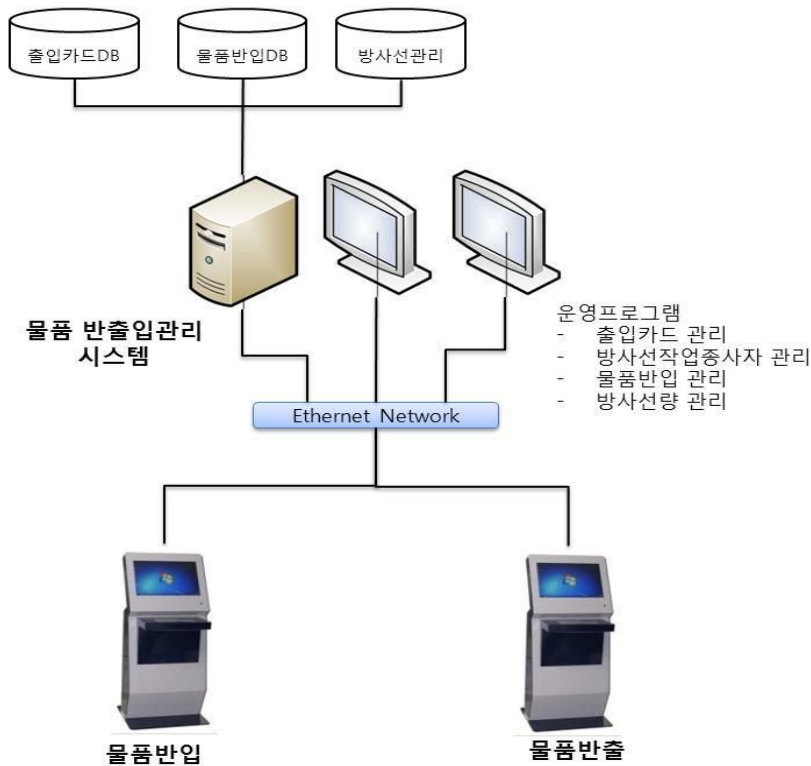


Fig. 37. The schematic design of a access control module for goods.

가) 물품 반출입관리 모듈 프로그램의 DB 구성은 그림 37에서 보는 바와 같이 작업자의 출입관리 DB, 물품 반입, 반출 DB로 방사성동위원소 구매에 관련된 데이터로 구성된 방사성동위원소 반입, 반출 DB로 구성된다.

나) 프로그램 구성 시 설계 요건으로는 방사선관리구역 물품 반출입 관리모듈 제작에 사용되는 장비 및 소프트웨어는 해당 시스템을 운영할 수 있도록 설계 및 제작되어야 한다. 먼저, 메인 서버 응용프로그램의 경우 데이터베이스 정보를 저장 관리하며 클라이언트 컴퓨터의 요청에 의해 해당 정보를 웹 기반으로 제공한다. 둘째 반입반출 키오스크²⁹⁾ 응용프로그램은 반입 및 반출자 바코드 및 QR코드 정보를 인식하고 그에 따른 기본 정보를 표시한다. 때 반입예약, 반출기간, 미반출, 반입 물품 검색, 타부서 반출자 경고 등의 기능을 포함한다. 그리고 반입 반출 물품을 바코드 스캔 또는 QR코드키워드로 검색하고 물품 성격에 따른 반출입 정보를 등록 후 해당 라벨을 선택한다. 또한 경우에 따라서는 웹 카메라를 이용해 촬영한 물품 이미지를 관리 및 첨부 전송할 수도 있다.

둘째로 승인관리자 응용 프로그램으로 메인 서버에 접속하여 데이터베이스 정보를 실시간 공유할 수 있어야 하고 메인 서버의 데이터를 조회, 수정 및 출력이 가능해야 한다. 그리고 물품 반출입 이상 유무를 서버 데이터베이스 조회 후 승인 처리할 수 있어야 하고 반입 물품 성격에 따른 바코드 라벨을 출력할 수 있어야 한다. 물품 반출입 승인 내역 및 기타 사항을 서버로 실시간 업데이트해야 하고 업무 과부하 시 키오스크 처리 업무를 무선 스캐너와 보조카메라를 이용해 관리자 컴퓨터에서 병행 처리할 수 있도록 구성하면 편리하다.

셋째로 반출입 관리 운영프로그램은 무선 바코드스캐너, 카메라, 라벨프린터를 이용해 물품 반출입 프로세스와 동일하게 처리할 수 있도록 구성하면 편리하다.

마지막으로 기타 운영에 필요한 사항으로는 물품 리스트 관리가 필요하다. 즉 물품 등록 관리자 로그인 (승인관리자와 구분)기능이 있어야 한다. 다음으로는 자료 정리의 편리성을 위해 엑셀 호환 파일, 제품이미지 리스트 등록 가능토록 한다. 물품리스트 조회, 수정, 삭제 및 출력이 가능하도록 해야 하고, 반입물품 기간을 연장할 수 있는 기능이 있어야 한다. 마지막으로 반출입 물품을 편리하게 관리 및 조회할 수 있는 기능이 있으면 된다.

29) 터치스크린 방식의 정보전달 시스템

다) 물품 반출입 관리 Sequence 도면

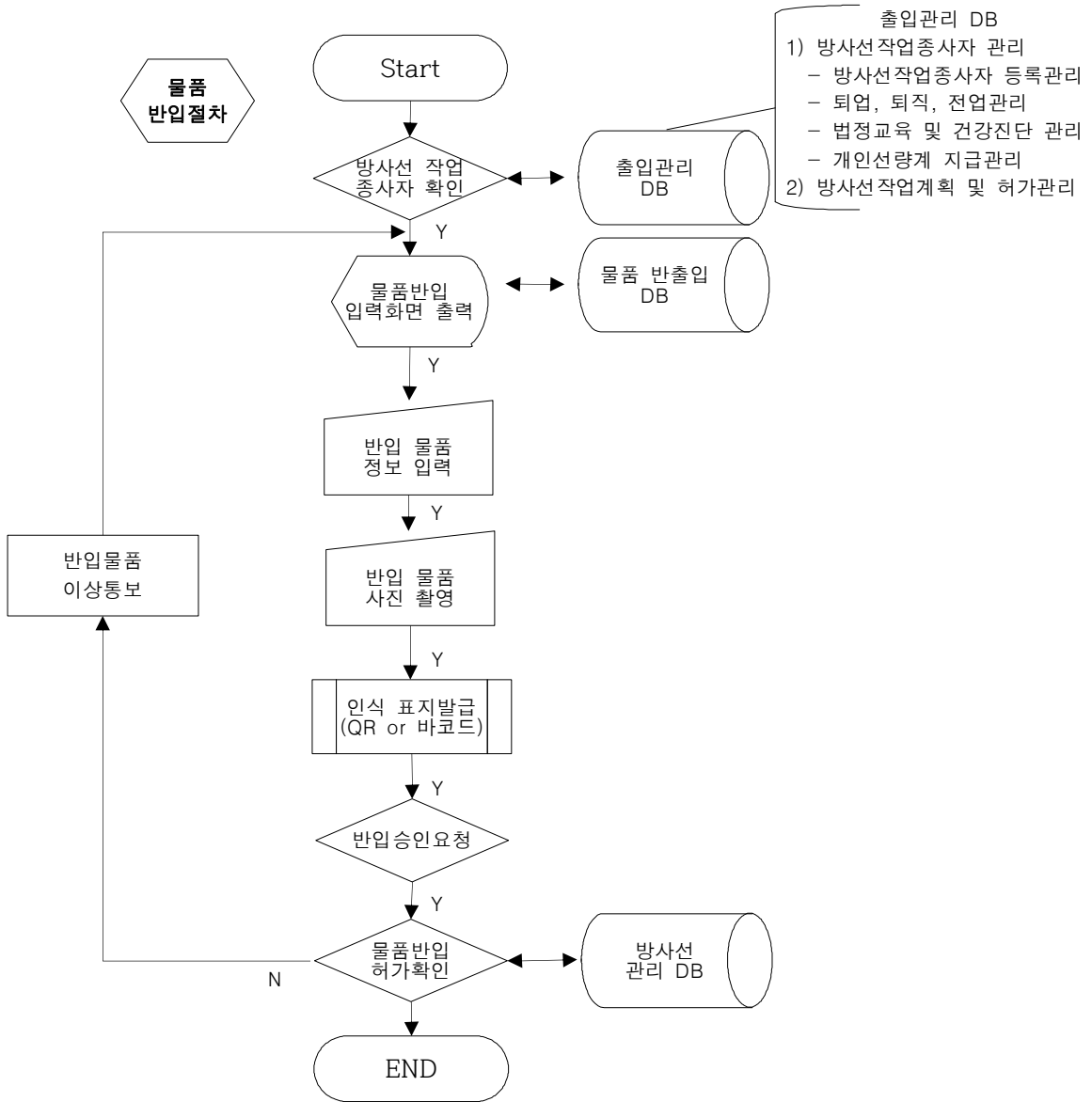


Fig. 38. The sequence chart of an access control for goods (1).

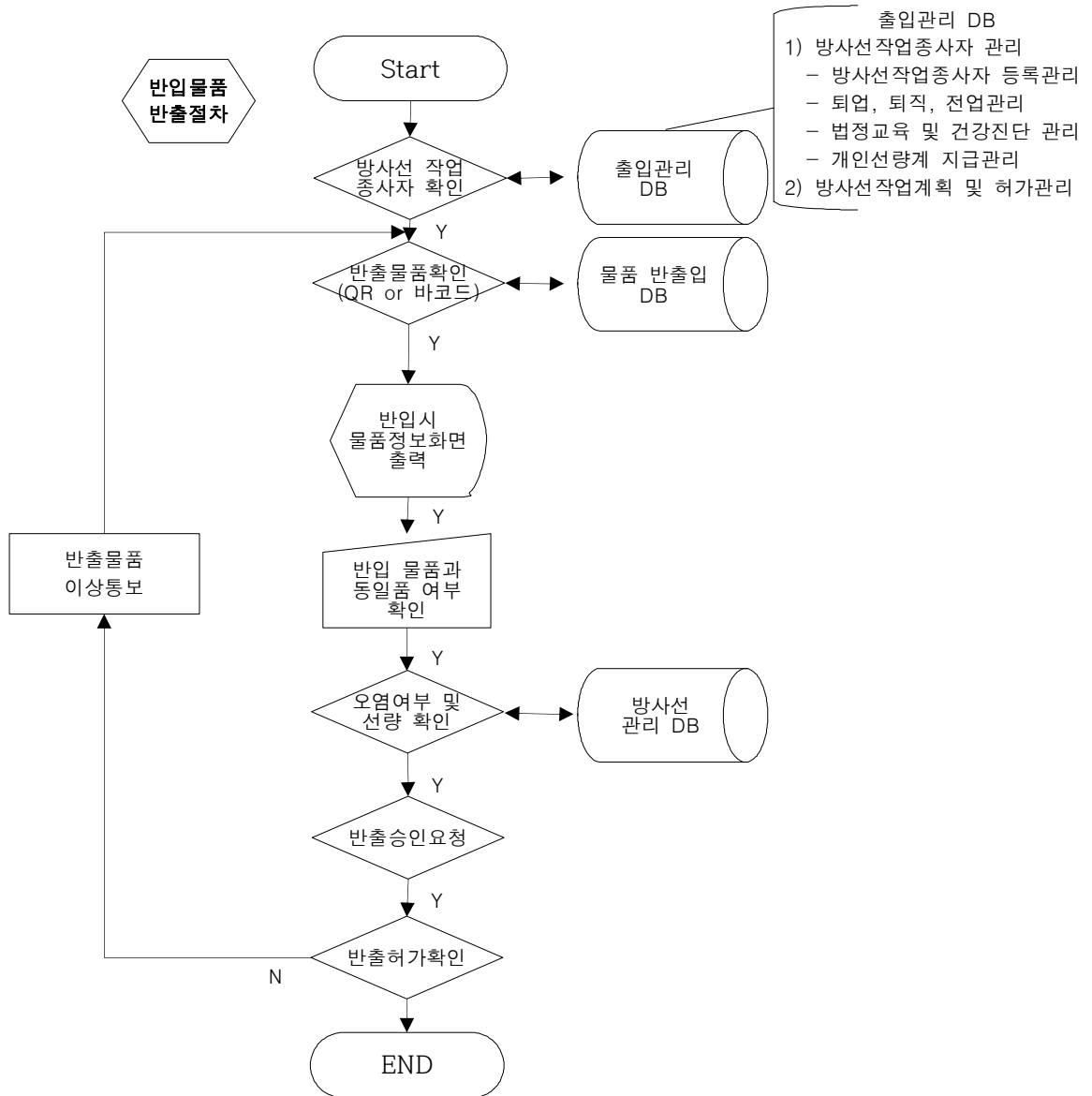
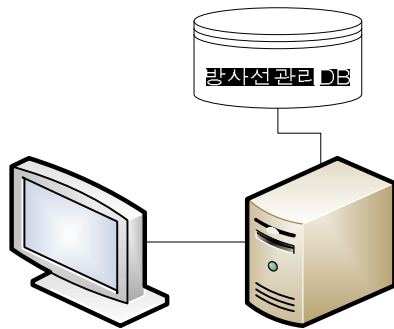


Fig. 39. The sequence chart of an access control for goods (2).

바. 방사선량률 및 표면오염도 관리 모듈

방사선관리구역의 상태를 관리하기 위해서는 각 구역의 방사선량률 및 표면오염도 관리 모듈을 구성해야 하며 이에 대해 구성은 그림 40과 같이 도식화 하였다. 이 모듈의 경우 공간방사선량률 및 표면오염도를 주기적으로 측정하여 정보를 입력하면 다른 관리기기와 연동하여 각 지역의 정보를 공유할 수 있다. 방사선량률 및 표면오염도 모니터링 모듈 프로그램을 구성하기 위해 DB의 구성과 모듈 설계 시 고려 사항은 다음과 같다.



공간방사선량률 및 표면오염도 모니터링 시스템

운영프로그램

- 1) 공간방사선량률 및 표면오염도 등록관리화면
- 2) 경보 관리 기능
- 3) 경향 감시 기능
- 4) 보고서 기능

Fig. 40. The schematic design of a measurement of radiation dose and radioactive contaminations.

- 가) DB의 구성은 방사선관리 DB에 방사선량률 및 표면오염도DB를 연결하여 사용한다.
- 나) 방사선량률 및 표면오염도 모니터링 모듈 설계 시 고려할 점으로 ① 방사선량률 및 표면오염도 등록관리 화면을 이용자가 보기 편하게 설계해야 한다. ② 경보 관리 기능이 가능하도록 설계해야 한다. ③ 최근의 입력된 값을 바

탕으로 선량과 오염도에 대한 경향 감시 기능이 있어야 하며 ④이에 대한 기록을 간단하게 출력할 수 있는 보고서 출력 기능이 있어야 하고 ⑤ 통합관리 모듈과 통신 인터페이스를 고려한 설계가 이루어져야 한다.

다) 방사선량을 및 표면오염도 관리 Sequence 도면은 그림 41과 그림 42에서와 같이 방사선량(또는 표면 오염도)측정지점 선택, 선량의 측정 및 기록에 대한 단위 프로세스들의 연결로 이루어진다.

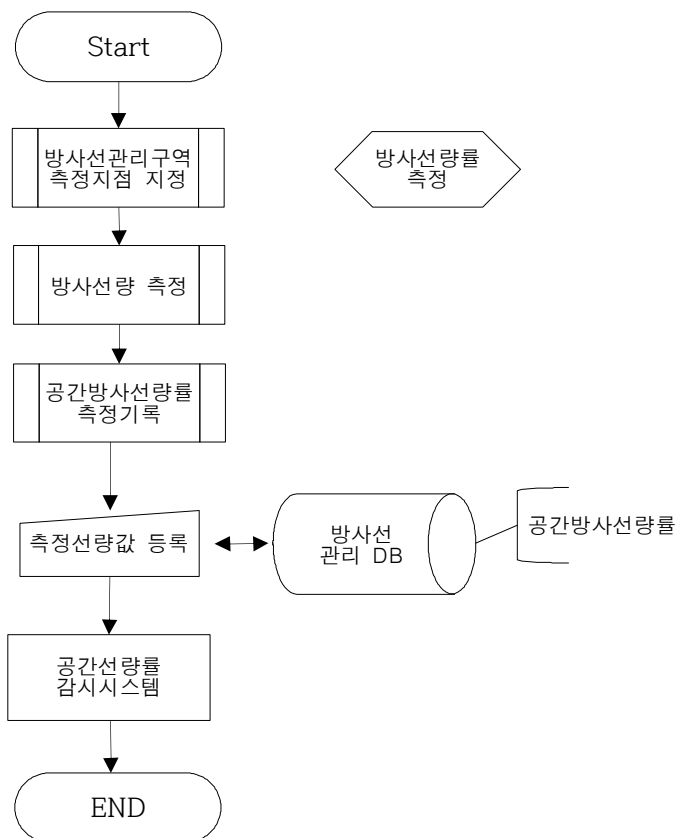


Fig. 41. The sequence chart of a measurement for an exposure dose.

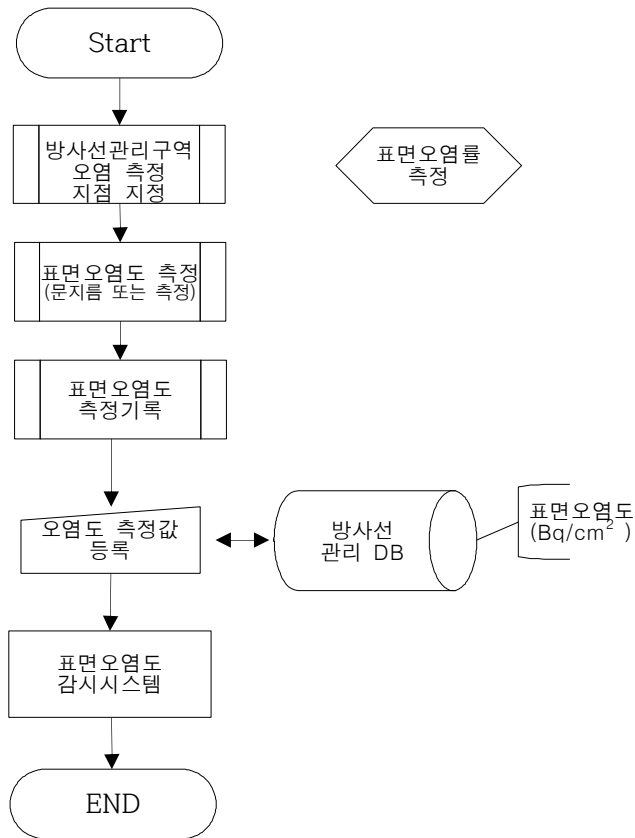


Fig. 42. The sequence chart of a wipe Test.

사. 통합관리 모듈

이와 같이 개별 관리 모듈을 통합하여 통합 관리할 수 있도록 다음 그림 43과 같이 도식화 하였다.

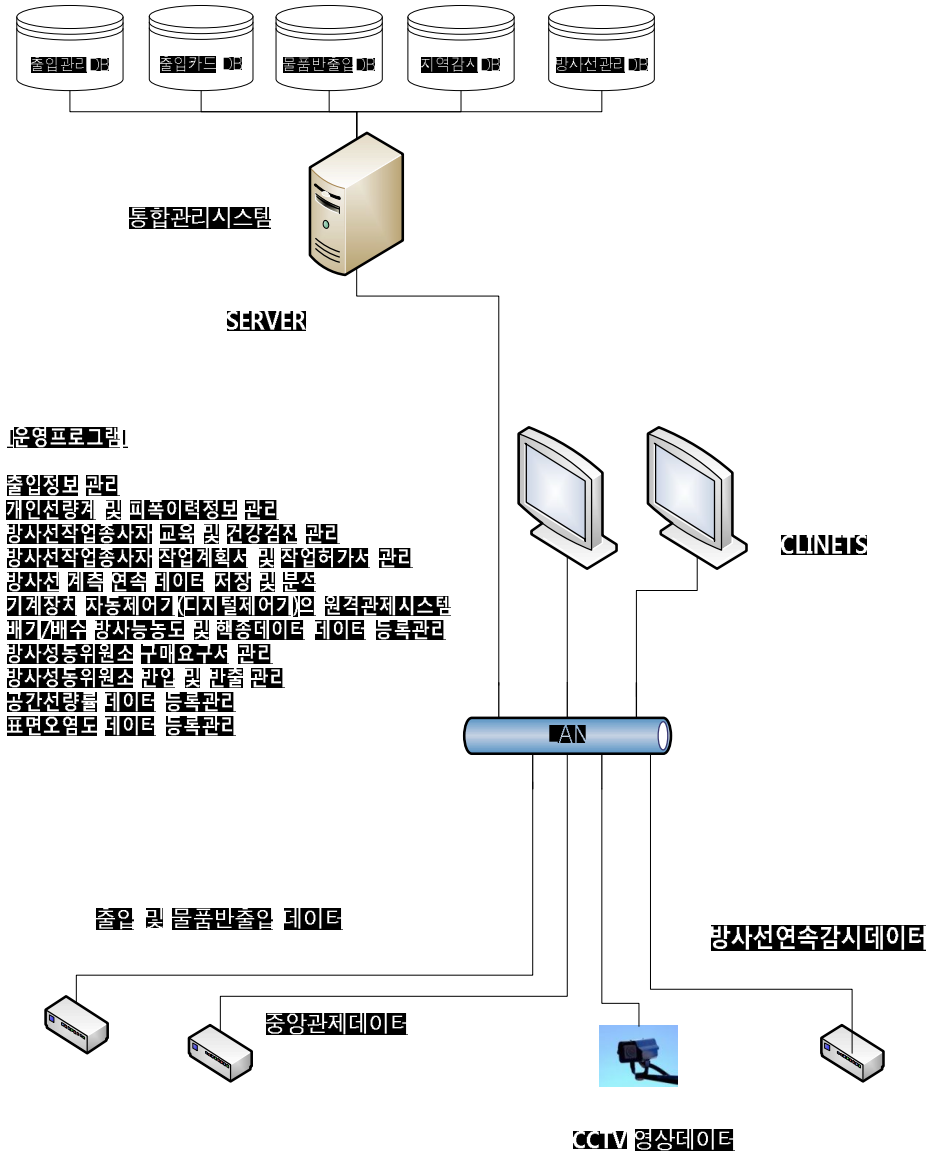


Fig. 43. The schematic design of a surveillance module.

- 가) DB 구성은 (1) 출입관리 DB에 방사선 작업종사자 DB와 방사선 작업계획서 미 허가서 관리 DB가 구성되어야 하며 각각 방사선작업종사자 등록 및 퇴업, 퇴직, 전업 데이터 및 방사선 교육 및 건강검진 데이터를 포함하고 있어야 한다. 둘째로 출입카드 관리 DB에는 출입카드 및 READER 데이터에 대한 자료를 바탕으로 출입카드 발급 데이터와 개인선량계(TLD) 데이터가 포함되어야 한다. 셋째로, 물품 반출입 관리 DB에는 방사선동위원소 구매요구서 데이터와 방사선동위원소 반입 및 반출 데이터가 포함되어야 한다. 넷째로, 지역감시 DB에는 기계장치 자동제어 데이터와 영상 감시 데이터가 포함되어야 한다. 마지막으로 방사선관리 DB에는 개인 피폭 이력 데이터, 방사선량률 및 방사성 물질에 의한 오염 농도 데이터, 배기/배수 시설의 방사능 농도 및 핵종 데이터, 방사선량률 및 표면오염도 데이터가 포함되어 구성되어야 한다.
- 나) 통합관리를 위한 프로그램 구성에는 그림 44의 개별 프로세스를 만족하기 위해 제일 먼저 ① 출입정보 관리에 관한 사항이 정의되어야 하며, ② 개인선량계 및 피폭이력정보 관리 ③ 방사선작업종사자 교육 및 건강검진 관리 ④ 방사선작업종사자 작업계획서 및 작업허가서 관리 ⑤ 방사선 계측 연속 데이터 저장 및 분석 ⑥ 기계장치 자동제어기(디지털제어기)의 원격관제시스템 ⑦ 배기/배수 방사능농도 및 핵종데이터 데이터 등록관리 ⑧ 방사성동위원소 구매요구서 관리 ⑨ 방사성동위원소 반입 및 반출 관리 ⑩ 방사선량률 데이터 등록관리 ⑪ 표면오염도 데이터 등록관리 ⑫ 통신 인터페이스 프로그램이 포함되어야 한다.

다) 통합 Sequence 도면은 그림 44와 같이 방사선관리구역 출입관리 모듈, 방사선작업종사자 이력관리 및 작업허가 모듈, 지역감시 모니터링모듈, 배기, 배수 모니터링모듈, 물품관리 모듈 및 방사선량과 오염도를 측정 관리하는 모듈로 총 7개로 구성된다.

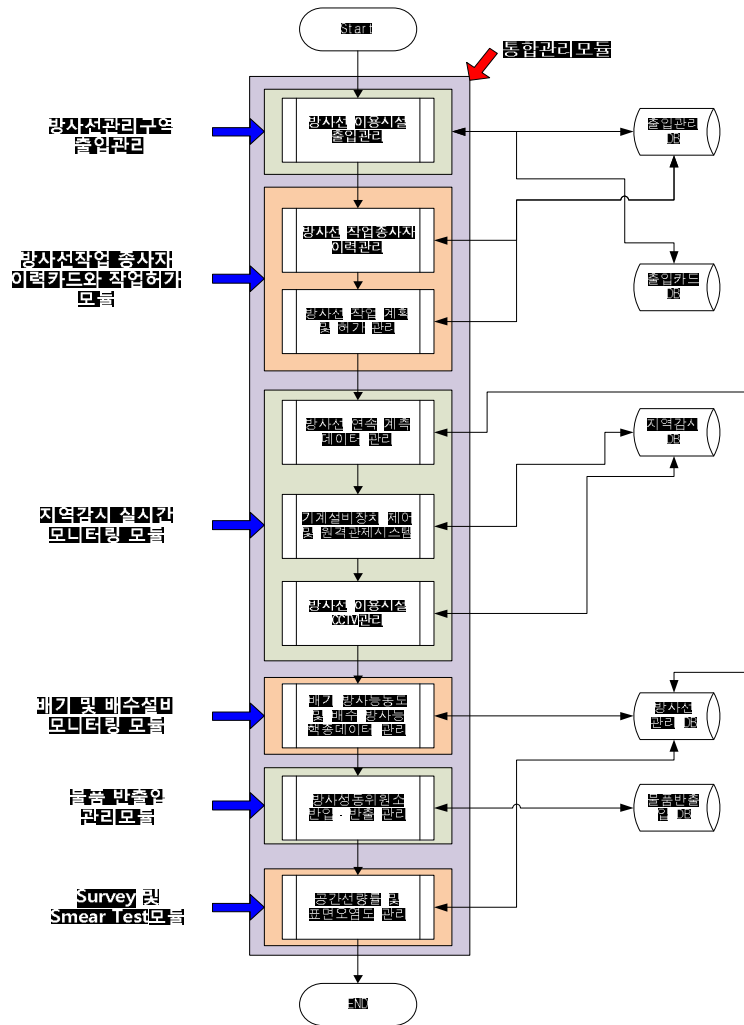


Fig. 44. The total schematic design of integrated system for radiation safety control.

5. 업무 절차 분석 및 Process Mapping 결과

소수의 인원을 통한 방사선안전관리의 효율성과 편리성을 제공하기 위해 개별 업무 분석을 통한 14개의 업무도식도(Process Mapping)를 작성하였다. 이 작업을 통해 불필요한 작업을 생략할 수 있었다. 업무절차의 도표화는 업무 흐름을 명확히 구성함으로써 방사선이용시설의 안전 위해 요소 저감할 수 있으며 방사선방호 업무 추진시 잘못된 점을 발견하였을 경우 도표화된 업무절차를 재분석하여 잘못된 곳을 수정하는 것이 효율적이었다.

원자력안전법에서 규정하는 방사선안전관리 업무에는 각종 관련 절차서가 필요하다. 일례로 출입관리절차, 방사선(능) 측정, 제염, 누설점검, 방사선(능) 계측기 운영, 방사성폐기물관리, 자체처분, 동위원소 관리, 방사성물질 이동, 비상대응, 피폭관리 등이 있으며 이와 같이 11개 항목으로 절차서에 대해 만들 수 있었다. 11개 항목에 대한 표준절차서는 단일선원 및 다양한 선원을 이용하는 방사선이용시설에 모두 활용 가능할 것으로 보이며, 이는 소수의 방사선안전관리자에 의해 방사선이용시설의 안전성 및 운영효율을 향상시키고, 국내 방사선이용산업 발전에 기여할 것이다.

또한, 방사선안전관리를 위한 응용관리 프로그램을 개발 시 방사선안전관리자와 프로그램개발자간의 업무 흐름에 대한 이해 부족으로 어려움이 많았다. 이를 개선하고자 14개의 업무도식도를 가지고 통합안전관리 응용관리 프로그램을 구축하기 위한 Sequence 설계 작업을 수행하였다.

통합안전관리 응용관리 프로그램은 기본적인 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업 종사자 이력 및 작업관리, 실시간 지역감시 모듈, 배출관리 모듈, 물품 반출입 모듈, 방사선량 및 오염감시 모듈 등 총 6개의 기본적인 모듈이 포함되는 것을 가정하여 총 13개의 Sequence 도면을 작성하였다.

제 3 장 결과 및 논의

최근 방사성동위원소 등의 관련 산업의 비중은 빠른 증가 추세를 보이고 있다. 특히, 최근 5년간 매년 10%의 신규기관 및 4%를 상회하는 방사선작업종사자의 증가추세를 보이고 있다. 하지만, 방사선안전관리 조직에 대해서는 다음과 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 선임된 방사선안전관리자가 관리할 방사선 작업종사자의 인원이 작게는 10.8명에서 최고 47명까지 선임된 1인당 평균 20.1명을 관리하게 된다.

둘째, 방사성동위원소 등의 사용허가 기관 및 방사선이용시설은 매년 증가 추세를 보이지만 이를 관리할 수 있는 방사선안전관리자 등의 전문 인력이 부족하다.

셋째, 방사선이용시설을 사용하는 기관들은 자체 안전관리규정을 가지고 있으나 방사선안전관리의 업무 분석을 통한 세부 절차서 등을 갖추지 않는 허가기관들이 많다.

넷째, 방사선안전관리 조직 및 직무에 대한 법적근거가 미약하여 현실적으로 방사선안전관리의 충분한 예산지원 및 업무 추진에 대해 어려움이 존재한다. 이러한 이유로 방사선안전관리에 대한 관심도 증가에 대응하기 위해서 체계적인 방사선안전관리 절차와 최적화된 방사선안전관리시스템 구축이 필요하다고 하겠다.

최근의 사고 사례를 통한 결과에서도 관리 인력의 부족에 따른 분실, 도난, 피폭 사고의 발생 비율이 높음을 알 수 있었다. 위해 요인은 절차서가 준비되어 있지만 적용이 미비한 경우가 많으며 업무흐름이 명확하지 않은 것으로 나타났다. 또한 대다수 신규 면허를 취득하고 실무 경험 없이 방사선안전관리 업무에 투입되어, 업무를 인수 받는 경우 각 기관에서의 세부 업무에 대한 분석이 미흡한 상태에서 각종 절차서 들을 만들어 문제점이 발생되어 왔다. 이러한 문제점을 보완하기 위해서 절차서 등의 개정이 계속되어 왔다. 하지만 이러한 개정들 역시 업무분석이 없이 수행됨에 따라 업무진행과정이 더욱 복잡해 졌다.

원자력안전관계법령에서 규정한 “안전관리규정 세부지침”, “방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙”을 통해 안전관리규정에서 절차화할 수 있는 항목을 분류하고, 허가 종류별로 절차서로 개발할 수 있는 내용이 있는지를 분석하였다. 이에 각 방사선이용시설에 대해 업무흐름분석을 통해 선원, 인력, 시설 그밖에 행정절차로 크게 4개의 분류로 구분을 지었으며, 그 분류에 대해서 업무 흐름 또는 시간적 흐름에 따라 분

석하였다. 선원 중심의 경우 선원을 구매하여 사용하기 위해서 필요한 인허가와 신청에서부터 자체 혹은 위탁폐기로 마무리되는 시간흐름에 따라 분석을 하였다. 인력 중심은 종사를 하기 위하여 종사 전 사전조치사항과 퇴사 또는 전출 등으로 인한 신분변화 시 작업종사자 관리에 대해 시간흐름에 따라 분석을 하였다. 시설 중심은 방사선관리구역 사용하기 위해서 시설을 설계하고 규제기관으로 부터 승인을 받아야 하며 이후 안전하게 사용하고 추후 사업의 폐지에 이르는 일련의 절차를 분석하였다.

분석된 내용을 바탕으로 업무흐름을 구성하였고, 만들어진 업무 흐름을 중심으로 14개의 업무도식도(Process Map)를 작성하였다. 이는 소수의 인원을 통한 방사선안전관리의 효율성과 편리성을 제공하기 위해 업무분석을 통한 업무도식도(Process Map)를 작성하여 불필요한 작업을 생략할 수 있었다. 업무절차의 도표화를 통해 흐름을 명확히 구성함으로써 방사선이용시설의 안전 위해 요소 저감할 수 있으며 방사선방호 업무 추진시 잘못된 점을 발견하였을 경우 도표화된 업무절차를 재분석하여 잘못된 곳을 수정하는 것이 효율적이었다.

업무 분석 및 Process Map을 작성함과 동시에 이에 따르는 각종 절차서, [출입관리절차, 방사선(능) 측정, 제염, 누설점검, 방사선(능) 계측기 운영, 방사성폐기물관리, 자체처분, 동위원소 관리, 방사성물질 이동, 비상대응, 피폭관리 이와 같이 11개 항목으로 절차서]를 제시하였다. 제시한 표준절차서는 단일 및 복합적인 선원이용 시설에 모두 활용 가능할 것으로 보인다.

또한 방사선안전관리를 위한 응용관리 프로그램을 개발 시 방사선안전관리자와 프로그램개발자간의 업무 흐름에 대한 이해 부족으로 어려움이 많았다. 이를 개선하고자 14개의 업무도식도를 가지고 통합안전관리 응용관리 프로그램을 구축하기 위한 Sequence 설계 작업을 수행하였다. 통합안전관리 응용관리 프로그램에는 기본적인 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업종사자 이력 및 작업관리, 실시간 지역감시 모듈, 배출관리 모듈, 물품 반출입 모듈, 방사선량 및 오염감시 모듈 등 총 6개의 기본적인 모듈이 포함되는 것을 가정하여 총 13개의 Sequence 도면을 작성하였다. 이는 소수의 방사선안전관리자에 의해 방사선이용시설의 안전성 및 운영효율을 향상시키고, 국내 방사선이용산업의 발전에 기여할 것이다.

제 4 장 결 론

최근 방사성동위원소 이용과 관련된 산업의 비중은 빠른 증가 추세를 보이고 있는 가운데 방사선안전관리자 등 전문 인력이 부족하고 방사선안전관리를 위한 세부 절차서 등이 미흡하다는 것으로 나타났다.

또한 방사선안전관리 조직 및 직무에 대한 법적근거가 미약하며 현실적으로 방사선 안전관리의 충분한 예산지원 및 업무 추진에 대해 어려움이 존재한다.

또한 신규 면허를 취득한 자가 방사선안전관리 업무에 종사하는 경우 기관의 세부 업무에 대한 분석이 미흡한 상태에서 각종 절차서 등을 운영하는데 문제점이 발생할 가능성이 높다. 따라서 다음과 같은 연구결과를 도출할 수 있었다.

첫째, 방사선안전관리 업무분석을 통한 Process Mapping은 업무절차의 도표화를 통해 흐름을 명확히 구성 하였다. 이것으로 불필요한 작업을 생략할 수 있으며, 안전 위해 요소 저감과 효율적인 업무 수정이 가능할 것이다.

둘째로는 원자력관계법령에서 규정된 사항들을 절차화할 수 있는 항목을 분류하여 출입관리절차, 방사선(능) 측정, 제염, 누설점검, 방사선(능) 계측기 운영, 방사성폐기물관리, 자체처분, 동위원소 관리, 방사성물질 이동, 비상대응, 피폭관리 이와 같이 11개 항목을 제시하였다. 제시된 11개 항목에 대한 절차서는 다양한 방사선이용시설에 모두 활용 가능할 것으로 보인다.

마지막으로 방사선안전관리를 위한 응용관리 프로그램을 개발 시 방사선안전관리자와 프로그램개발자간의 업무 흐름에 대한 이해 부족으로 어려움이 많았다. 그래서 이를 개선하고자 14개의 업무도식도(Process Map)를 가지고 통합안전관리 응용관리 프로그램을 구축하기 위한 Sequence 설계 작업을 수행하였다. 통합안전관리 응용관리 프로그램에는 기본적인 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업종사자 이력 및 작업관리, 실시간 지역감시 모듈, 배출관리 모듈, 물품 반출입 모듈, 방사선량 및 오염감시 모듈 등 총 6개의 기본적인 모듈이 포함되는 것을 가정하여 총 13개의 Sequence 도면을 작성하였다.

결론적으로 14개의 Process Map을 만들고 이를 바탕으로 11개의 표준절차서와 13개의 Sequence 도면을 완성되었다.

이를 통해 통합된 방사선안전관리 응용프로그램을 구축할 경우 소수의 방사선안전관리자에 의한 방사선이용시설의 안전성 및 운영효율을 향상시키고, 국내 방사선이용산업의 발전에 기여할 것으로 판단된다.

향후 선진국 진입에 따른 대국민 방사선안전관리에 대한 관심도 증가에 대응하기 위해서 체계적인 방사선안전관리 절차와 최적화된 방사선안전관리시스템 구축이 필요하다고 하겠다.

제 5 장 참고문헌

1. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 103, 2007.
2. 대한방사선방어학회, 방사선방호의 최적화 - 과정의 확장, ICRP Publication 101 : 2부, 2011
3. 대한방사선방어학회, 방사선방호 관리수단의 범위, ICRP Publication 104, 2010.
4. 원자력안전위원회, 한국원자력안전기술원, 한국원자력통제기술원, 2011년 원자력안전연감, 2012.
5. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 1976 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 26, 1977.
6. INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION, The 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. Publication 60, 1990.
7. 배성오, 직무중심 인사시스템 운영과 활용, pp38-44, 임금연구 2007년(4)
8. 김영중, 사회복지행정, 학지사, 1998.
9. 김형준, 김혜정, 혁신생산관리, 형설출판사, 2014
10. 김선옥, 인간 및 기계시스템 설계를 위한 업무분석의 객체 지향적 업무기술방법에 관한 연구, Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering Vol, 26, NO. 3 pp. 18-23, Sep. 2003
11. 이덕로, 최신 인적자원관리, 집현재, 2012
12. 이순요, PERT,CPM 실무, 박영사, 2002.
13. 한국능률협회, 퍼트(PERT), BMTP(중견사원훈련과정), 한국능률협회, 1991.
14. 대한방사선방어학회, 비상피폭상황에서 사람 방호에 ICRP권고 적용, ICRP Publication 109, 2011
15. 한국동위원소협회, 2012년도 방사선이용통계, 2013.
16. 대한방사선방어학회, 의료에서 방사선방호, ICRP Publication 105, 2010
17. 한국동위원소협회, 2011년도 방사선 및 방사성동위원소 이용실태조사, 교육과학기술부, 2012

18. 한국원자력안전기술원, 2013 방사선안전규제 민원안내집, 한국원자력안전기술원, 2013
19. 교육과학기술부, 교육기관 방사선안전관리를 위한 표준지침서 작성, 2008
20. 미래창조과학부, 연구실 안전환경 조성에 관한 법률, 법률 제11690호, 2013.
21. 미래창조과학부, 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행규칙, 미래창조과학부령 제14호, 2013
22. 미래창조과학부, 연구실 안전환경 조성에 관한 법률 시행령, 대통령령 제25050호, 2013.
23. 고용노동부, 산업안전보건법 시행규칙, 고용노동부령 제99호, 2014
24. 고용노동부, 산업안전보건법 시행령, 대통령령 제25251호, 2014
25. 고용노동부, 산업안전보건법, 법률 제11882호, 2013
26. Herman Cember PhD, Thomas E. Johnson PhD, Introduction to Health Physics, 4th, Mc Graw-Hill Companies, 2009
27. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Radiation Safety of Gamma and Electron Irradiation Facilities, Safety Series No, 107. 1992
28. 원자력안전위원회, 개인 피폭방사선량의 평가 및 관리에 관한 규정, 제2014-69호, 2014
29. 산업통상자원부, 교정대상 및 주기설정을 위한 지침, 기술표준원, 제2013-84호, 2013.
30. 원자력안전위원회, 한국원자력안전기술원, 한국원자력통제기술원, 알기쉽고 읽기좋은 원자력안전관리, 한국원자력안전기술원, 2013
31. 함철훈, 원자력법제론, 법영사, 2009
32. 원자력안전위원회, 방사선안전관리 등의 기술기준에 관한 규칙, 제2011-4호, 2011
33. 원자력안전위원회, 방사선기기의 설계승인 및 검사에 관한 기준, 제2014-04호, 2014
34. 원자력안전위원회, 방사선방호 등에 관한 기준, 제2014-34호, 2014
35. 원자력안전위원회, 원자력이용시설의 사고 고장 발생시 보고 공개규정, 2014
36. 원자력안전위원회, 방사선안전보고서 작성지침, 제2014-36호, 2014
37. 원자력안전위원회, 방사선원의 누설점검에 관한 기술기준, 제2014-42호, 2014

38. 원자력안전위원회, 방사성동위원소 판매자의 준수 규정, 제2014-45호, 2014
39. 원자력안전위원회, 방사성물질 등의 포장 및 운반에 관한 규정, 제2014-50호, 2014
40. 원자력안전위원회, 방사성폐기물의 자체처분에 관한 규정, 제2014-03호, 2014
41. 원자력안전위원회, 안전관리규정 작성지침, 제2014-43호, 2014
42. Glenn F. Knoll, Radiation detection and measurement 4th, John Wiley & Sons, Inc., 2010
43. 원자력안전위원회, 원자력안전법 시행규칙, 총리령 제1109호, 2014
44. 산업통상자원부, 국가교정기관지정제도 운영요령, 지식경제부 기술표준원, 제2012-54호, 2012.
45. 산업통상자원부, 국가표준기본법, 법률, 제11690호, 2013
46. Building Research Advisory Board. LABORATORY DESIGN FOR HANDLING RADIOACTIVE MATERIALS, 1952
47. 성규탁, 사회복지프로그램의 과학적 설계를 위한 기법, 한국사회복지프로그램연구회 제5차 특강, 동 연구회, 1993.
48. Sonja Koppensteiner, Process Mapping and Simulation for Software Projects ,VDM Verlag, 2008
49. Kirwan, B. and Ainsworth, L. K., A Guide to Task Analysis, Taylor and Francis Ltd., 1992.
50. Miller, R.B. A Method for Man-Machine Task Analysis, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, USA : WADC Tech. Repot No.53 137, 1953
51. J. Mike Jacka, Paulette J. Keller, Business Process Mapping : Improving Customer Satisfaction , WILEY, 2008
52. J. Mike Jacka, Paulette J. Keller, Business Process Mapping Workbook : Improving Customer Satisfaction, WILEY, 2009
53. INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Categorization of Radioactive Sources. Safety Guide No. RS-G-1.9, 2005.
54. Youn-Ho Jung, Radiation Technology and Its Applications, KAERI Nuclear Training & Education Center, 2011

초 록

방사선안전관리 업무분석과 Process Mapping 연구

이 윤 종
 지도교수 : 정 윤 관
 조선대학교 원자력공학과

최근 방사성동위원소 이용과 관련된 산업의 비중은 빠른 증가 추세를 보이고 있는 가운데 방사선안전관리자 등 전문 인력이 부족하고 방사선안전관리를 위한 세부 절차서 등이 미흡하다. 또한 방사선안전관리 조직 및 직무에 대한 법적근거가 미약하며 현실적으로 방사선안전관리의 충분한 예산지원 및 업무 추진에 대해 어려움이 존재한다. 그럼에도 국제방사선방어학회에서 제시하는 방사선방어 원칙을 적용하여 최적화된 방사선안전관리를 실현하기 위해서는 방사선안전관리를 효율적으로 할 수 있는 방안이 필요하다. 이와 같은 문제점 들을 해결하기 위해 방사선안전관리 업무분석을 통해 14개의 업무도식도(Process Map)를 작성하였다. 업무절차의 도표화를 통해 흐름을 명확히 구성 하였으며 이를 통해 불필요한 작업을 생략할 수 있었다. 원자력관계법령에서 규정된 사항들을 절차화할 수 있는 항목을 분류하여 11개 절차서를 제시하였다. 또한 방사선안전관리를 위한 응용관리 프로그램을 개발 시 방사선안전관리자와 프로그램개발자간의 업무 흐름에 대한 이해 부족으로 어려움이 많아 이를 개선하고자 14개의 업무도식도(Process Map)를 가지고 통합안전관리 응용관리 프로그램을 구축하기 위한 Sequence 설계 작업을 수행하였다. 통합안전관리 응용관리 프로그램에는 기본적인 방사선관리구역 출입관리, 방사선작업종사자 이력 및 작업관리, 실시간 지역감시 모듈, 배출관리 모듈, 물품 반출입 모듈, 방사선량 및 오염감시 모듈 등 총 6개의 기본적인 모듈이 포함되는 것을 가정하여 총 13개의 Sequence 도면을 작성하였다. 이로써 14개의 업무도식도(Process Map), 11개의 표준절차서 예시와 Process Map

들을 바탕으로 구성된 13개의 Sequence 도면으로 통합된 방사선안전관리 응용프로그램을 구축할 경우 소수의 방사선안전관리자에 의한 방사선이용시설의 안전성 및 운영효율을 향상시키고, 국내 방사선이용산업의 발전에 기여할 것으로 판단된다. 향후 선진국 진입과 국민적 방사선안전관리에 대한 관심도 증가에 대응하기 위해서 체계적인 방사선안전관리 절차와 최적화된 방사선안전관리시스템 구축을 위해 본 연구는 매우 필요하다고 하겠다.